

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020010087715 A
(43)Date of publication of application: 21.09.2001

(21)Application number: 1020000011617
(22)Date of filing: 08.03.2000

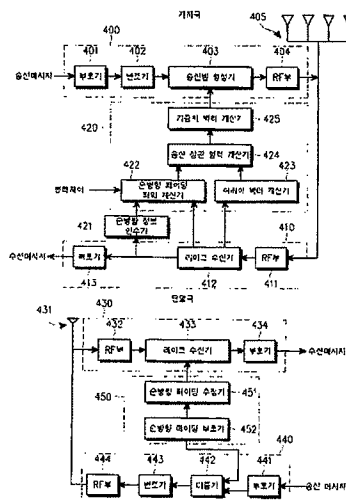
(71)Applicant: SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.
(72)Inventor: CHOI, JIN HO
CHUN, BYEONG JIN

(51)Int. Cl. H01Q 21/30

(54) TRANSMITTING ANTENNA ARRAY APPARATUS AND METHOD THEREOF USING FEEDBACK INFORMATION IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEM

(57) Abstract:

PURPOSE: A transmitting antenna array apparatus and a method thereof using feedback information in a mobile communication system is provided to increase the capacity of a mobile communication system and the quality in calling and save a transmitting power of a station by forming a more reliable transmitting beam. CONSTITUTION: A forward processor(400) encodes and modulates a transmitted signal and up-converts it to an RF(radio frequency) signal to output the same. The forward processor(400) includes a coder(401), a modulator (402), a transmitting beam former(403), and an RF unit(404). An antenna array(405) comprised of L number of antenna devices transmits a beam in a direction formed by the transmitting beam former(403) of the forward processor(400). A backward processor(410) down-converts the RF signal received from the antenna array(405) to demodulate and decode it. The backward processor(410) is comprised of an RF unit(411), a rake receiver(412), and a decoder(413). A forward fading information acceptor(421) inputs an output of the rake receiver(412) of the backward processor(410) and extracts a forward fading count in the fading information of the receiving signal outputted from the rake receiver(412). A beam forming controller (420) receives the forward fading count outputted from the forward fading information acceptor(421) and an intermediate output of the rake receiver(412) and creates a weight vector in order to control the generation of the transmitting beam.



COPYRIGHT 2001 KIPO

Legal Status

Date of request for an examination (20021031)
Notification date of refusal decision (00000000)
Final disposal of an application (registration)

Date of final disposal of an application (20050406)

Patent registration number (1004930680000)

Date of registration (20050525)

Number of opposition against the grant of a patent ()

Date of opposition against the grant of a patent (00000000)

Number of trial against decision to refuse (2005101000751)

Date of requesting trial against decision to refuse (20050207)

(19) 대한민국특허청 (KR)
(12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
H01Q 21/30

(11) 공개번호 특2001 - 0087715
(43) 공개일자 2001년09월21일

(21) 출원번호 10 - 2000 - 0011617
(22) 출원일자 2000년03월08일

(71) 출원인 삼성전자 주식회사
윤종용
경기 수원시 팔달구 매탄3동 416

(72) 발명자 천병진
경기도수원시팔달구매탄3동임광아파트2동1206호
최진호
서울특별시노원구상계동666번지주공아파트1013동210호

(74) 대리인 이견주

심사청구 : 없음

(54) 이동통신시스템에서 피드백 정보를 이용하는 반맹목적방식의 송신안테나어레이 장치 및 방법

요약

본 발명은 이동통신시스템에 있어서, 적어도 2개 이상의 안테나소자와 그에 따른 가중치벡터를 이용해, 기지국으로부터 원하는 특정 단말국으로의 적절한 송신빔 형성을 해줌으로써 가입자 용량을 증대하기 위한 송신 안테나 어레이 시스템의 장치 및 방법에 관한 것이다.

이를 위하여 기지국장치는 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와, 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보 인수기와, 순방향 페이딩정보와 수신된 역방향신호를 이용하여 송신빔 형성을 위한 가중치벡터를 생성하는 빔형성제어기와, 송신빔형성기를 구비하여 상기 가중치벡터에 의해 송신 메시지를 송신빔으로 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성된다.

그리고 단말국 장치는 순방향신호를 수신하여 처리하는 순방향처리기와, 수신된 순방향신호의 각 경로별 순방향페이딩 정보들을 추정하는 순방향페이딩추정기와, 추정된 각 경로별 순방향페이딩정보들을 결합하여 부호화하는 순방향페이딩 부호기와, 부호화된 순방향페이딩정보를 송신메시지와 함께 다중화하여 상기 기지국으로 피드백하는 역방향처리기로 구성된다.

대표도
도 4

색인어

송신 안테나 어레이, 스마트 안테나, 빔, 반빔, 송신빔 형성, CDMA, 가중치벡터, 어레이벡터, 순방향페이딩파워, 레이크 수신기, 피드백, 하향빔 형성

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 송신안테나어레이의 송신빔형성 과정을 설명하기 위한 도면.

도 2는 **Raleigh**가 제안한 종래방식의 송신안테나어레이를 나타낸 도면.

도 3은 **Thompson**이 제안한 종래방식의 송신안테나어레이를 나타낸 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이동통신 시스템의 송신안테나 어레이 시스템의 전체적인 구성을 도시하는 도면.

도 5는 본 발명의 제1실시예(기본형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 구성을 도시하는 도면.

도 6은 본 발명의 제2실시예(예측형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 구성을 도시하는 도면.

도 7은 본 발명의 제3실시예(기본적 혼합형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 구성을 도시하는 도면.

도 8은 본 발명의 제4실시예(예측적 혼합형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 구성을 도시하는 도면.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 송신안테나어레이 시스템의 전체적인 동작과정을 도시하는 흐름도.

도 10은 본 발명의 제1실시예(기본형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 순방향 페이딩 파워를 구하는 과정을 도시하는 흐름도.

도 11은 본 발명의 제2실시예(예측형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 순방향 페이딩 파워를 구하는 과정을 도시하는 흐름도.

도 12는 본 발명의 제3실시예(기본적 혼합형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 순방향 페이딩 파워를 구하는 과정을 도시하는 흐름도.

도 13은 본 발명의 제4실시예(예측적 혼합형)에 따른 송신안테나어레이 시스템의 순방향 페이딩 파워를 구하는 과정을 도시하는 흐름도.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 이동통신 시스템의 안테나어레이 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 송신 빔을 형성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

최근 이동통신에 대한 급격한 수요증가로 인해 기존의 가입자 용량이 이미 부족한 상황에 이르렀고, 이에 따라, 용량증대를 위한 여러 가지 수단이 연구되고 있다. 특히, 수요자들에게 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 순방향 링크의 용량 증대의 필요성이 크게 대두되고 있다.

상기 기지국과 단말기들로 이루어진 이동통신시스템에서 순방향 링크의 용량을 증대시키기 위한 방법들 중의 하나로 송신 안테나 어레이 시스템을 효율적으로 구현하는 방법이 있다.

이동통신 시스템에서 단일 송신안테나(이런 경우 보통 다이폴안테나가 쓰인다.)만 쓰인다면 송신신호는 전방향으로 전파된다. 이때 기지국이 송신안테나를 통해 소정의 모든 단말국으로 송신하는 경우가 아니라(공통채널을 통해 송신하는 경우), 원하는 특정 단말국으로 송신할 경우(전용채널을 사용하여 송신하는 경우)에는 송신 성능이 저하될 수 있다. 즉, 상기 기지국의 송신신호가 전방향으로 전파되기 때문에 통신을 원하는 특정 단말국을 향한 복사 에너지를 제외한 상당량의 복사에너지가 쓸모없어지게 되며, 이는 다른 단말국들에게는 간섭신호로 작용하게 된다. 이런 경우(전용채널을 사용하여 특정 단말기와 통신을 하고자하는 경우) 송신 신호를 어떤 수단에 의해 원하는 특정 단말국 방향으로 송신할 수 있다면, 작은 송신파워로써 양질의 통화품질을 유지할 수 있고, 다른 단말국으로의 간섭신호를 줄임으로써 결국 용량을 증대시키는 효과를 가져올 수 있다.

그런데 이동통신 시스템에서 복수개의 안테나들 사용하여 상기와 같은 효과를 이룰 수 있으며, 이와 같이 복수개의 안테나들과 이에 관련된 송수신 장치들을 송신 안테나 어레이 시스템 또는 송신 스마트 안테나 시스템이라고 말한다. 상기와 같은 송신 안테나 어레이 시스템은 광범위한 이동통신분야에서 쓰일 수 있는 기술이지만, 여기서는 편의상 부호분할다중접속(Code Division Multiple Access: CDMA) 방식의 셀룰라 이동통신을 가정하여 설명하기로 한다..

이동통신 시스템의 송신 안테나어레이의 구조 및 동작을 살펴보면 다음과 같다.

도 1은 상기 송신 안테나어레이에서 송신 빔을 형성하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.

상기 도 1을 참조하면, 기지국 내의 송신하고자 하는 송신신호 $s(t)$ 가 있다면, 이는 여러 개의 동일 신호로 복사되고, 상기 복사된 각각의 신호들은 곱셈기111-11L에서 각각 대응되는 적당한 복소 가중치로 곱해진 뒤 각각의 안테나들을 통해 공간으로 복사된다. 그러면 단일 안테나를 사용하는 단말기(통상적으로 단말기는 비용, 크기, 이동성 등의 문제로 안테나 어레이를 사용하지 않는다.)에 도달하는 수신신호는 상기 기지국의 각 안테나들로부터 송신된 신호들의 합으로 나타나는데, 상기 기지국 내의 가중치와 송신 안테나 어레이의 기하학적 구조등에 의해 송신방향이 결정된다.

예를들면, 상기 도 1에 도시된 바와 같이 L개의 안테나소자들을 가진 선형 안테나 어레이가 있고, 각 안테나 소자들이 w_i ($i=1, 2, \dots, L$)의 복소 가중치를 갖는다고 할 때 θ 방향으로 송신되는 신호는 하기 < 수학식 1>에 비례한다.

수학식 1

$$\mathbf{w}^H \mathbf{a}(\theta)$$

여기서, $\mathbf{w}=[w_1 \ w_2 \ \dots \ w_L]^T$ 는 가중치벡터, $\mathbf{a}(\theta)=[1 \ e^{j2\pi \frac{d \sin \theta}{\lambda}} \ \dots \ e^{j2\pi \frac{(L-1)d \sin \theta}{\lambda}}]^T$ 는 어레이벡터, H는 허미션(Hermitian), T는 트랜스포우즈(Transpose), d는 안테나소자간 간격, λ 는 캐리어 주파수의 파장등을 나타낸다. 상기 어레이벡터는 송신 안테나어레이의 각 소자들로부터 θ 방향으로 원격지에 이르는 신호들의 상대적 크기 및 위상을 벡터로 표현한 것이다.

상기 < 수학식 1>의 값은 θ 가 $\mathbf{a}(\theta)$ 와 같은 방향이면 최대가 되고 직각방향이면 0이 되므로, 송신 방향에 따라 송신되는 신호의 크기가 변화할 것이다. 역으로, 어느 특정방향으로 송신신호를 가장 크게 보내고 싶을 때는 같은 원리로 θ 를 조정함으로써 목적을 달성할 수 있다.

이렇듯, 안테나 어레이는 특정 송신방향을 가진다는 점에 있어서 안테나 다이버시티(diversity)와 다른데, 안테나 다이버시티에 비해 안테나 소자 간의 거리가 충분히 짧다(파장오더의 길이)는 특징이 있다.

보통, 안테나 어레이는 다수개의 안테나 구성이 가능한 기지국에만 설치하여 단일 안테나를 가진 특정 단말국과의 송신방향을 조정한다. 안테나 어레이는 송신안테나어레이와 수신안테나어레이로 나누어서 생각할 수 있는데, 여기서는 송신 안테나어레이를 예로들어 설명한다. 그러나, 어레이 안테나의 하드웨어 자체는 송수신 공동으로 쓰는 것이 보통이다.

송수신 주파수대가 같은 TDD (Time Division Duplex) 시스템의 경우, 송수신 채널 특성이 동일하므로 수신 안테나 어레이 과정에서 얻어진 가중치벡터를 그대로 송신안테나어레이의 가중치벡터로 쓸 수 있다. 그러나, 송수신 주파수 대역이 상관대역(coherence bandwidth) 이상 떨어진 FDD (Frequency Division Duplex) 시스템의 경우에는 그렇지 못하고 따로 송신안테나어레이의 가중치벡터를 계산하여야한다. 여기에서 다루는 송신 안테나어레이 시스템은 FDD 시스템을 가정하여 설명하기로 한다.

현재까지 하기와 같은 송신 안테나어레이 구조가 발표되었는데, 이런 송신 안테나어레이 구조는 단말국으로부터 순방향 링크의 채널특성을 전혀 피드백받지않는 맹목적(blind) 송신안테나어레이 방법들이다. 그리고, 이들 구조는 다음과 같은 송수신채널간의 가역성(reciprocity)을 가정한다.

(가정 1): 순방향과 역방향 페이딩 채널간의 다중경로(multipath) 수는 서로 같고, 또한, 각 경로로의 또는 부터의 송수신방향도 같다.

(가정 2): FDD 시스템에서 송수신 주파수 대역차가 상관대역보다 클 경우, 순방향과 역방향의 동일 경로에 대한 순간 페이딩계수는 서로 독립적이나, 평균 페이딩파워는 서로 같다.

Raleigh는 다음과 같은 단일 페이딩경로를 갖는 경우의 맹목적 송신안테나어레이 방식을 제안하였으며, 그 구조는 도 2와 같다. (참고문헌 1: G. G. Raleigh and V. K. Johnes, " Adaptive Antenna Transmission for Frequency Duplex Digital Wireless Communication," in Proc. IEEE ICC, pp. 641 - 646, Montreal, Canada, June 1997.)

송신안테나어레이의 각 소자로부터 수신안테나까지의 특성을 벡터로 모은 것을 채널벡터라 한다. 여기서 \underline{h} 를 순방향 채널벡터라고 했을 때, 이는 $\underline{h}=\beta \underline{a}(\theta)$ 로 쓸 수 있다. 여기서, β 는 페이딩계수로서 상기 (가정 2)에 의해 역방향페이딩 계수와는 독립적이고, θ 는 기지국에서 단말국으로의 송신방향으로서 단말국으로부터 별도의 순방향페이딩정보의 피드백없이 기지국이 상기 (가정 1)에 의해 통상적인 역방향신호로부터 알 수 있는 것이며, $\underline{a}(\theta)$ 는 이에 따른 θ 방향에 대한 어레이벡터이다.

기지국에서 송신메시지 $s(t)$ 가 가중치벡터 \underline{w} 에 의해 빔이 형성되어 송신되고, 순방향 채널 \underline{h} 를 거쳐 단말국에 수신되었을 때 단말국에 수신되는 신호 $r(t)$ 는 하기 < 수학식 2> 와 같이 쓸 수 있다.

수학식 2

$$r(t) = \underline{h}^H \underline{w} s(t) + n(t)$$

상기 < 수학식 2> 에서 $n(t)$ 는 간섭을 포함한 가산성 백색 잡음을 나타낸다.

정합필터이론에 따라, 기지국의 송신파워가 P 라는 가정하에 단말국의 수신단에서 최대 출력 SNR을 가져오는 최적 가중치벡터는 하기 < 수학식 3> 으로 정해진다.

$$\underline{w} = \sqrt{P} \frac{\underline{h}^*}{\|\underline{h}\|}$$

상기 < 수학식 3> 에서 *는 공액 연산자(conjugate), $\|\underline{h}\|$ 는 벡터의 크기(norm)을 나타낸다. 다시, 상기 < 수학식 3>의 상기 관계를 이용하여 하기 < 수학식 4>를 구할 수 있다.

$$\underline{w} = \sqrt{P} \frac{\underline{a}^*(\theta)}{\|\underline{a}(\theta)\|}$$

상기 < 수학식 4>에서 최적가중치벡터를 정하는데 페이딩계수가 쓰이지 않고, 단지 상기 (가정 1)을 통해 역방향신호를 통해 알 수 있는 송신방향만 이용되었음을 알 수 있다. 즉, 단일 경로를 가진다고 가정하므로, 페이딩 계수는 사용하지 않고 어레이 벡터를 구하기만 하면 된다.

상기와 같은 **Raleigh**의 송신 안테나어레이 구조의 동작을 살펴보면, 송신메세지는 순방향처리기(201)의 송신빔 형성기(202)에서 특정 송신 방향으로 빔이 형성되며, 안테나 어레이(203)을 통해 공중에 전파된다. 그리고 역방향 처리기(205)는 상기 안테나어레이(203)을 통해 수신되는 역방향 채널의 신호를 수신 및 처리하게 된다. 이때 어레이벡터 계산기(207)은 상기 역방향처리기(205)의 중간 출력으로부터 수신된 신호의 입력 방향(어레이벡터)을 계산한다. 그리고 가중치벡터 계산기(209)는 상기 계산된 어레이벡터(방향정보)를 이용하여 가중치 벡터를 계산한 후, 이를 송신빔 형성기(202)에 출력한다. 그리고 상기 송신빔 형성기(202)는 상기 가중치 벡터에 따라 대응되는 안테나 소자로 출력될 송신신호의 가중치를 부가하여 송신빔의 형성을 제어한다.

상기 도 2에 도시된 바와 같은 구조를 갖는 **Raleigh** 방식의 송신 안테나어레이 시스템은 다음과 같이 요약된다. 먼저 안테나어레이(203)으로부터 수신되는 신호의 입력방향(어레이벡터)을 추정한다. 두 번째로 상기 추정된 방향정보를 이용해 송신 안테나어레이용 가중치벡터를 계산한다. 그리고 세번째로 상기 계산된 가중치벡터를 이용해 송신빔형성을 한 다음 송신한다.

그러나 상기 **Raleigh** 방식은 단일 경로를 사용하는 시스템의 안테나어레이 구조로써, 구조는 간단하지만 다중경로(multi-path)를 사용하는 시스템의 안테나어레이로 사용하기에는 부적합하다.

Thompson은 도 3과 같은 구조를 다중 페이딩경로를 갖는 경우의 맹목적(blind) 송신안테나어레이 방식을 제안하였다. (참고 문헌 2: J. S. Thompson, J. E. Hudson, P. M. Grant, and B. Mulgrew, "CDMA Downlink Beamforming for Frequency Selective Channels," PIMRC 99, B2-3, Osaka, Japan, September 1999)

상기 다중 페이딩경로(경로수 M개)를 갖는 경우도 단일 페이딩경로를 갖는 경우와 마찬가지로, 순방향의 송신 빔형성을 위해 우선 수신 신호로부터 각 경로들에 대한 입력방향을 추정해야한다. i번째 페이딩경로($i=1, 2, \dots, M$)에 대한 수신방향((가정 1)에 의해 송신방향)을 θ_i 라고 하면 i번째 페이딩경로에 대한 송신 빔형성은 θ_i 방향을 향해 만들어진다.

문제는 각 경로별 송신빔에 대한 가중치(가중치벡터와는 별개)를 어떻게 정하느냐는 것인데, 이를 고려한 다음과 같은 방법에 의해 최적 가중치벡터가 정해진다.

기지국에서 송신메시지 $s(t)$ 가 가중치벡터 \underline{w} 에 의해 송신빔이 형성되어 송신되고, 편의상 3개의 다중경로를 갖는 전파채널을 거친다고 가정했을 때, 단말국에서 받는 수신신호는 하기 < 수학식 5> 와 같이 쓸 수 있다.

수학식 5

$$r(t) = \underline{h}_1^T \underline{w} s(t-\tau_1) + \underline{h}_2^T \underline{w} s(t-\tau_2) + \underline{h}_3^T \underline{w} s(t-\tau_3)$$

여기서, τ_i 는 i 번째 경로의 전파지연값, \underline{h}_i 는 i 번째 경로에 대한 채널벡터를 나타낸다. 단일경로를 갖는 경우와 마찬가지로 \underline{h}_i 는 i 번째 채널에 대한 송신방향 θ_i 와 페이딩계수 β_i 에 대해 하기 < 수학식 6> 과 같이 쓸 수 있다.

수학식 6

$$\underline{h}_i = \beta_i \underline{a}(\theta_i)$$

정합필터이론에 따라, 송신파워가 P 라는 가정하에 수신단에서 최대출력 SNR을 가져오는 최적가중치벡터는 하기 < 수학식 7> 과 같이 표현할 수 있다.

수학식 7

$$\underline{w}^o = \arg \max_{\underline{w}} \underline{w}^H H^H H \underline{w} \quad \text{subject to} \quad \|\underline{w}\|^2 = P$$

where $H = [\underline{h}_1 \quad \underline{h}_2 \quad \underline{h}_3]$

상기 < 수학식 7> 에서 \underline{w}^o 는 최적의 가중치 벡터(optimal weight vector)이고, $\underline{h}_1, \underline{h}_2, \underline{h}_3$ 는 경로의 채널 벡터들이다. 상기 < 수학식 7> 의 해는 송신상관행렬 $H^H H = \sum_{i=1}^3 \beta_i^2 \underline{a}(\theta_i) \underline{a}^H(\theta_i)$ 의 최대 고유치(eig envalue)에 해당하는 최대 고유벡터(eigenvector)로 정해진다.

상기 과정에서 나타났듯이, 최적 가중치벡터를 구하기 위해서는 기지국이 송신방향 $\{\theta_i\}$ 뿐만 아니라 페이딩계수 $\{\beta_i\}$ 도 알아야 함을 알 수 있다. 상기 도 2와 같은 구조를 갖는 단일 페이딩경로의 경우에는 송신빔을 형성하기 위해서 페이딩계수까지는 몰라도 되었음에 유의할 필요가 있다. 그런데 FDD 환경의 경우, 역방향 채널의 순간 페이딩계수는 순방향채널의 순간 페이딩계수와 다르므로 기지국에 수신된 역방향신호를 분석해보아도 순방향채널의 순간 페이딩계수를 얻는데는 도움이 되지 않는다.

Thompson은 상기 < 수학식 7> 의 대 $E[\quad]$ (Expectation)는 기대치)을 쓰는 하기 < 수학식 8> 과 같은 준최적방법을 제안하였다.

수학식 8

$$E[H^H H] = \sum_{i=1}^3 E[\beta_i^2] \underline{a}(\theta_i) \underline{a}^H(\theta_i)$$

상기 < 수학식 8> 에서, (가정 1)에 의해 순방향과 역방향간에 각 경로별 송수신방향이 같다는 점을 이용해 송신방향 (어레이벡터) 역방향 수신신호로부터 추정해서 쓰고, (가정 2)에 의해 순방향과 역방향간에 평균파워는 같다는 점을 이용해 역방향 수신신호로부터 추정해 쓴다.

그렇게 함으로써 상기 페이딩계수를 단말국으로부터 피드백 받을 필요가 없는 맹목적 빔형성(blind beamforming)이 된다. 그렇지만, 상기 < 수학식 7> 에서 계산되는 최적의 가중치벡터를 이용하는 비맹목적 빔형성에 비해 성능은 다소 떨어진다.

도 3은 상기와 같은 특징을 갖는 Thomson의 송신 어레이 안테나 구조를 도시하는 도면이다. 상기 Thomson의 송신 안테나어레이 구조의 동작을 살펴보면, 송신메세지는 순방향처리기(301)의 송신빔 형성기(302)에서 특정 송신 방향으로 빔이 형성되며, 안테나 어레이(303)을 통해 공중에 전파된다. 그리고 역방향 처리기(305)는 상기 안테나어레이(303)를 통해 수신되는 역방향 채널의 신호를 수신 및 처리하게 된다. 순방향페이딩파워계산기(307)은 역방향처리기(305)의 중간 출력으로부터 수신되는 신호의 경로별 페이딩 계수를 추정하고, 상기 추정된 페이딩 계수의 평균 파워를 구한다. 이는 상기 역방향 평균 페이딩 파워는 순방향 평균 페이딩 파워와 같다는 (가정 2)를 이용하여 평균 페이딩 파워를 계산하는 것이다. 어레이벡터 계산기(309)는 상기 역방향처리기(305)의 중간 출력으로부터 수신된 신호의 입력 방향(어레이벡터)을 계산한다. 송신상관행렬계산기(311)은 상기 계산된 평균 페이딩 파워 정보와 어레이 벡터를 이용하여 송신 상관행렬을 구하며, 가중치벡터 계산기(313)은 상기 계산된 송신 상관행렬을 이용하여 가중치 벡터를 계산한 후, 이를 송신빔 형성기(302)에 출력한다. 따라서 상기 송신빔 형성기(302)는 상기 가중치 벡터에 따라 대응되는 안테나 소자로 출력될 송신신호의 가중치를 부가하여 송신빔의 형성을 제어한다.

상기 도 3에 도시된 바와 같은 구조를 갖는 Thomson 방식의 송신 안테나어레이 시스템은 다음과 같이 요약된다. 먼저 수신안테나어레이가 수신한 신호의 입력방향(어레이벡터)를 추정하고, 두번째로 수신안테나어레이가 수신한 수신신호의 경로별 페이딩계수를 추정하고 이것의 평균파워를 구한다. 세번째로 상기 방향정보와 평균 페이딩파워정보를 이용해 송신안테나어레이용 가중치벡터를 계산한다. 네번째로 상기 계산된 가중치벡터를 이용해서 송신빔형성을 한 다음 송신한다.

상기와 Thomson 방식의 안테나어레이 구조는 다중 경로를 갖는 시스템의 송신 안테나 어레이 시스템으로 사용할 수 있지만, 평균 페이딩 파워를 사용하므로 정확한 가중치 벡터를 구할 수 없는 문제가 있다. 즉, 상기 Thomson 방식은 순방향 페이딩 파워를 계산할 때 순간 페이딩 파워 대신에 평균 페이딩 파워를 사용한다. 그리고 상기 평균 페이딩 파워는 순방향과 역방향의 동일 경로에 대한 순간 페이딩 계수는 서로 독립적이지만 평균 페이딩 파워는 서로 같다는 상기 (가정 2)의 결과를 이용하여 계산하며, 이에 따라 상기 평균 페이딩 파워는 수신되는 신호로부터 평균 역방향 평균 페이딩 파워를 계산한 후, 이를 평균 순방향 페이딩 파워로 사용한다. 그런데 상기 Thomson 방식의 안테나어레이는 순간 페이딩파워 대신에 평균 순방향 페이딩 파워를 사용하므로 정확한 가중치 벡터를 구할 수 없으며, 이로 인해 안테나 어레이 시스템의 성능이 저하되는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 본 발명의 목적은 순방향 안테나어레이를 쓰는 이동통신시스템의 기지국이 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 피드백 받아 최적의 가중치벡터를 구하여 송신 빔을 형성할 수 있는 장치 및 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 안테나어레이를 쓰는 이동통신시스템에서 단말국이 순방향 채널로 수신되는 신호로부터 순방향 페이딩정보를 추정하여 역방향 채널을 통해 기지국으로 전송할 수 있는 장치 및 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 피드백 지연시간이 작으며 단말국의 이동 속도 변화가 크지 않은 이동통신 시스템에서 사용할 수 있는 송신 안테나 어레이 장치 및 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 피드백 지연시간이 크며 단말국의 이동속도 변화가 크지 않은 이동통신 시스템에서 단말국으로부터 피드백 받은 과거의 순방향 페이딩 정보로부터 현재의 순방향 페이딩 계수를 예측하여 사용할 수 있는 송신 안테나 어레이 장치 및 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 다중 경로를 가지는 이동통신 시스템에서 피드백 지연시간이 작을 시 단말기의 이동속도에 따라 기본형과 맹목적 순방향 빔형성방법을 선택하는 혼합형 순방향빔 형성 방식을 사용할 수 있는 송신 안테나 어레이 장치 및 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 다중경로를 가지는 이동통신 시스템에서 피드백 지연시간이 비교적 클시 단말기의 이동속도에 따라 예측형과 맹목적 순방향 빔형성 방법을 선택하는 혼합형 순방향 빔형성 방식을 사용할 수 있는 안테나 어레이 장치 및 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

이하 본 발명의 바람직한 실시예들의 상세한 설명이 첨부된 도면들을 참조하여 설명될 것이다. 상기 도면들 중 동일한 구성들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들을 나타내고 있음에 유의하여야 한다.

본 발명의 실시예에서는, 종래의 안테나어레이 시스템에 비해 보다 나은 성능의 순방향빔형성을 위해, 평균 역방향페이딩계수 대신 순간 순방향페이딩계수를 이용한다. 그런데 상기 순방향 페이딩계수는 송신 측인 기지국에서는 미리 알 수 없으므로, 본 발명의 실시예에서는 단말국으로부터 역방향 채널을 통해 피드백받는 방법을 택한다. 여기서 상기 순방향 페이딩 계수를 전송하는 역방향 채널은 현재의 역방향 채널을 사용하거나 또는 별도의 역방향 채널을 설정하여 사용할 수 있다. 이때 상기 현재 사용중인 역방향 채널을 사용하는 경우에는 제어채널이 될 수 있으며, 이런 경우 상기 제어채널 메시지는 순방향 페이딩 계수를 포함하는 프레임 구조로 재구성할 수도 있다.

또한 종래의 안테나 어레이 시스템에서 평균 역방향 페이딩계수를 이용한 방법은 맹목적 빔형성법이었던데 비해, 본 발명의 실시예에 따른 안테나 어레이 시스템은 단말국으로부터 순방향 페이딩계수라는 일부 정보를 피드백 받으므로 반맹목적(semi-blind) 빔형성법이라고 칭한다.

상기 반맹목적 빔형성법을 사용하는 본 발명의 실시예에 따른 송신 안테나 어레이 시스템을 살펴보면 다음과 같다.

이동통신 시스템에서 기지국과 특정 단말국사이에 M개의 다중경로를 갖는 페이딩채널이 있고, L개의 안테나로 이루어진 송신안테나어레이를 이용하여 상기 단말국에 송신메시지 $s(t)$ 를 보낸다는 가정을 할 때, 상기 단말국이 받는 수신신호는 하기 < 수학식 9> 와 같이 표현할 수 있다.

수학식 9

$$r(t) = \sum_{i=1}^M \mathbf{h}_i^T \mathbf{w} s(t-\tau_i) + n(t)$$

상기 < 수학식 9> 에서 \mathbf{h}_i 는 송신 안테나어레이에 인가될 가중치벡터이고, $n(t)$ 는 가산성 백색잡음이며, τ_i 는 i 번째 경로의 전파지연값을 나타내고, \mathbf{w} 는 i 번째 경로에 대한 채널벡터를 나타낸다. 그리고 상기 < 수학식 9> 에서의 i 번째 경로의 채널 벡터 \mathbf{h}_i 는 하기 < 수학식 10> 과 표현할 수 있다.

$$\underline{h}_i = \beta_i \underline{a}(\theta_i)$$

상기 < 수학식 10> 에 도시된 바와 같이 채널 벡터 \underline{h}_i 는 i 번째 경로에 대한 페이딩계수 β_i , 송신방향 θ_i 에 따른 어레이벡터 $\underline{a}(\theta_i)$ 로 쓸 수 있다.

또한 순방향 채널을 통해 송신되는 신호는 단말국이 수신하게 된다. 상기 단말국이 수신하는 신호 $r(t)$ 는 단말국 내의 경로분리기에 의해 각 경로 성분으로 나뉠 수 있으며, 그렇게 얻어진 경로성분들을 벡터로 모은 것을 \underline{r} 로 표시한다. 상기 벡터 \underline{r} 은 하기 < 수학식 11> 과 같다.

수학식 11

$$\underline{r} = \begin{bmatrix} \underline{h}_1^T \underline{w} s(t-\tau_1) \\ \underline{h}_2^T \underline{w} s(t-\tau_2) \\ \vdots \\ \underline{h}_M^T \underline{w} s(t-\tau_M) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_M \end{bmatrix}$$

$$= \underline{H} \underline{w} s + \underline{n}$$

상기 < 수학식 11> 에서 $\underline{H} = [\underline{h}_1 \ \underline{h}_2 \ \dots \ \underline{h}_M]^T$, $\underline{n} = [n_1 \ n_2 \ \dots \ n_M]^T$, $s(t-\tau_1) = s(t-\tau_2) = \dots = s(t-\tau_M)$ 여기서 $s(t-\tau_1)$, $s(t-\tau_2)$, ..., $s(t-\tau_M)$ 을 $s(t-\tau)$ 과 표시한다. 그리고 상기 수신되는 메시지의 한 심벌의 길이는 모든 경로지연값보다 크다고 가정한다.

상기 < 수학식 11> 에서 정합필터이론을 적용하면 결정변수 (정합필터출력)은 하기의 < 수학식 12> 와 같이 표현할 수 있다.

수학식 12

$$\hat{s} = (\underline{H} \underline{w})^H \underline{r}$$

$$= \underline{w}^H \underline{H}^H \underline{H} \underline{w} s + \underline{w}^H \underline{H}^H \underline{n}$$

그리고 다시 상기 결정변수에 대한 SNR은 < 수학식 13> 과 표현할 수 있다.

수학식 13

$$\gamma = \frac{\underline{w}^H \underline{H}^H \underline{H} \underline{w}}{\sigma_n^2}$$

상기 < 수학식 13> 에서 σ_n^2 는 잡음의 백색잡음의 파워이다.

여기서, 우리가 구하고자 하는 최적 가중치벡터 \underline{w} 는 송신 파워가 P 라는 가정하에 수신측 정합필터 출력의 SNR, 즉, 상기 < 수학식 13> 을 최대화하는 값이 된다. 그리고 이를 이용하여 송신 상관행렬을 구하는 방법은 상기 < 수학식 14> 과 같다.

$$G = H^H H$$

$$= \sum_{i=1}^M |\beta_i|^2 \underline{a}(\theta_i) \underline{a}(\theta_i)^H$$

상기 < 수학식 14> 와 같은 송신상관행렬의 최대 고유치에 해당하는 최대 고유벡터를 구하는 문제로 귀결된다.

상기 < 수학식 14> 에서 송신방향 , 따라서, 송신 어레이벡터 $\underline{a}(\theta_i)$ (가정 1)에 의해 기지국에서 수신신호로부터 수신방향을 추정함으로써 알 수 있다. 그러나 상기 순방향 페이딩 계수 (즉, β_i 순방향 페이딩 파워)를 측정하기 위한 정보는 수신신호로부터는 알 수 없고, 대신 단말기로부터 역방향 채널을 통해 순방향 페이딩 계수를 피드백 받음으로써 알 수 있다.

본 발명의 실시예에서는 상기한 바와 같이 단말기가 계산한 순방향 페이딩계수를 별도의 역방향채널을 통해 피드백받는데, 이 과정을 통해 상기 < 수학식 14> 와 같은 송신상관행렬 G 를 구성하고, 상기 송신 상관행렬 G 의 최대고유벡터를 구함으로써 원하는 순방향 빔을 형성하기 위한 가중치 벡터를 계산할 수 있다.

여기서, 단말국으로부터의 피드백 부담을 반으로 줄이기 위해, 복소치인 페이딩계수 대신 실수치인 페이딩크기(또는, 파워)를 단말국으로부터 피드백 받을 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 대표적으로 페이딩계수를 피드백 받아 송신 빔을 형성하는 방법을 중심으로 설명하지만, 상기 페이딩크기(또는, 파워)를 피드백 받아 송신 빔을 형성하는 방법으로 동일한 효과를 이룰 수 있다.

단말국은 상기 < 수학식 11> 에 표현된 바와 같이 경로분리기 및 이에 따른 페이딩추정기를 통해 각 경로별 수신신호 성분을 추정하는 결과는 하기 < 수학식 15> 와 같다. 여기서 상기 < 수학식 11> 의 잡음성분은 편의상 제외하였다.

수학식 15

$$\underline{h}_i^T \underline{w} = \beta_i \underline{a}(\theta_i)^T \underline{w}$$

즉, 상기 페이딩추정기는 상기 < 수학식 15> 에 나타난 바와 같이 순방향 페이딩계수 자체가 아니라 사실 순방향페이딩계수, 어레이벡터, 가중치벡터등의 곱을 추정하는 것이다. 즉, 단말국이 역방향 페이딩 채널을 통해 순방향 페이딩 계수만을 전송하는 것이 이상적이지만, 실제 기지국이 수신하게 되는 정보는 순방향 페이딩 계수, 어레이 벡터 및 가중치들을 포함하게 된다. 이하의 설명에서 상기 기지국이 단말국으로부터 수신하는 "페이딩 정보"라는 용어는 순방향 페이딩 계수, 어레이 벡터 및 가중치를 포함하는 용어로 정의한다. 또한 상기 순방향 페이딩 계수는 순방향 페이딩 크기로 대체될 수 있으며, 이하의 설명에서는 순방향 페이딩 계수를 사용하여 가중치 벡터를 구하는 동작을 중심으로 설명한다. 따라서 기지국의 페이딩 추정기는 상기 단말국이 전송한 페이딩 정보들 중에서 순방향페이딩계수만을 추출해내야 한다.

상기와 같이 기지국이 페이딩 추정기가 상기 순방향 페이딩 계수를 추출하는 방법 방법은 다음과 같은 두가지 방법을 생각할 수 있다.

첫번째의 방법으로는 $\underline{a}(\theta_i)^T \underline{w}$ 가 θ_i 에 무관해지는 전방향 빔을 별도의 송신빔으로 쏘으로써 상기 페이딩추정기가 추정 한 값이 순방향페이딩계수 β_i 만의 함수가 되게 하고, 단말국은 다시 이 값을 별도의 역방향 채널을 통해 피드백하는 방법을 생각할 수 있다. 두 번째의 방법으로는 단말국이 추정된 각 경로별 수신신호성분 $\{\beta_i \underline{a}(\theta_i)^T \underline{w}\}$ 을 특정의 역방향채널을 통해 피드백하면, 기지국은 단말국에 순방향신호를 내보낼 때 썼던 이미 알고 있는 \underline{w} 와 수신신호로부터 추정할 수 있는 θ_i 를 이용해 간단한 산술을 통해 β_i 를 추출해 내는 방법을 생각할 수 있다.

상기 과정을 통해 기지국이 상기 순방향채널의 페이딩계수 $\{\beta_i\}$ 를 단말국으로부터 피드백 받는다고 할 때, 이 과정에서 시간 지연이 있을 수 있다. 즉, 단말국과 기지국 사이에 D 단위시간(예를 들어, 슬롯)만큼의 시간지연이 존재한다고 할 때, 부득이 과거에 피드백 받은 순방향 페이딩 계수들로부터 현재의 순방향 페이딩계수를 추정해야한다는 문제가 생긴다. 이 문제를 해결하는 한 가지 방법으로 선형예측법(Linear Prediction)을 생각해 볼 수 있다.

상기와 같이 지연되어 수신되는 순방향 피드백 계수를 추정하기 위한 선형 예측법에 대한 동작을 살펴본다.

$$\beta_i[k]$$

수학식 16

$$\hat{\beta}_i[k] = \sum_{v=0}^{V-1} b_v \beta_i[k-D-v]$$

여기서 $\underline{b} = [b_0, b_1, \dots, b_{V-1}]^T$, $\underline{\beta}_i = [\beta_i[k-D], \beta_i[k-D-1], \dots, \beta_i[k-D-V+1]]^T$ 이라고 정의했을 때, 상기 계수벡터 \underline{b} 는 선형예측법에 따라 하기의 < 수학식 17> 과 같이 계산된다.

수학식 17

$$\underline{b} = R^{-1} \underline{\epsilon}$$

상기 < 수학식 17> 에서 $R = E[\underline{\beta}_i \underline{\beta}_i^H]$, $\underline{\epsilon} = E[\beta_i[k] \underline{\beta}_i^T]$ 각각 나 타낸다. 또한 상기 < 수학식 17> 을 계산하는데 필요한 지연된 페이딩계수간의 상관계수는 하기의 < 수학식 18> 과 같이 계산된다.

수학식 18

$$E[\beta_i[k] \beta_i^*[k-u]] = \sigma_{\beta_i}^2 J_0(2\pi f_D T u)$$

여기서, $\sigma_{\beta_i}^2 = E[|\beta_i|^2]$ 는 도플 러 주파수, J_0 는 0차 1종 베셀함수, T 는 단위시간의 길이를 나타낸다.

또한 상기 기지국이 복소 값인 페이딩계수 대신 실수치인 페이딩 크기를 단말국으로부터 피드백받을 경우, 상기 과정을 다음과 같이 일부 수정할 필요가 있다. 즉, $|\beta_i[k]|$ 를 k 번째 시점(현재)에서의 i 번째 경로의 순방향 페이딩크기라고 할 때, 이를 다음과 같이 D 단위시간 이전까지 피드백받은 V 개의 페이딩크기 $|\beta_i[k-D]|, |\beta_i[k-D-1]|, \dots, |\beta_i[k-D-V+1]|$ 의 선형결합으로 추정한다.

그런데, 상기 순방향 페이딩크기들의 평균이 0이 아니므로, 상기 과정을 그대로 적용할 수 없다. 먼저 제로평균 순방향 페이딩크기는 하기 < 수학식 19> 와 같이 정의할 수 있다.

수학식 19

$$\delta_i = |\beta_i| - E[|\beta_i|]$$

그리고 $|\beta_i[k]|$ 는 하기 < 수학식 20> 과 같이 $\delta_i[k-D], \delta_i[k-D-1], \dots, \delta_i[k-D-V]$ 선형 결합으로 추정한다.

수학식 20

$$|\hat{\beta}_i[k]| = \sum_{v=0}^{V-1} d_v \delta_i[k-D-v] + E[|\beta_i|]$$

여기서, $\underline{d} = [d_0, d_1, \dots, d_{V-1}]^T$, 의 $\underline{\delta} = [\delta_i[k-D], \delta_i[k-D-1], \dots, \delta_i[k-D-V+1]]^T$ 이라고 정의했을 때, 상기 계수벡터 \underline{d} 는 선형 예측법에 따라 하기 < 수학식 21> 과 계산된다.

수학식 21

$$\underline{d} = R^{-1} \underline{p}$$

여기서, $R = E[\underline{\delta} \underline{\delta}^T]$, $\underline{p} = E[\delta_i[k] \underline{\delta}]$ 을 각각 나타낸다. 또한 < 수학식 21> 을 계산하는데 필요한 지연된 제로평균 페이딩 크기 간의 상관계수는 하기 < 수학식 22> 와 같이 계산된다.

수학식 22

$$E[\delta_i[k] \delta_i[k-u]] = \sigma_\delta^2 J_0^2(2\pi f_D T u)$$

상기 < 수학식 22> 에서 $\sigma_\delta^2 = E[\delta_i^2]$ 는 도플러 주파수, J_0 는 제 0차 베셀함수, T는 단위시간의 길이를 나타낸다. 그리고, $E[\delta_i^2]$ 가 경로별로 순방향 페이딩크기 샘플 값들을 시간 평균함으로써 얻을 수 있다.

그런데, 단말국의 이동속도가 높아지면 도플러 주파수가 커지고 채널특성이 빨리 변하게 된다. 따라서, 상기 선형예측법에 의한 현재 순방향 페이딩계수 추정값의 신뢰도가 떨어지고 결국 전체 시스템성능의 저하가 일어난다. 이런 경우 선형예측법에 의한 현재 순방향페이딩계수 추정값 대신, 오히려 상기와 같은 맹목적 방식에 의한 평균 역방향채널 페이딩계수값을 쓰는 것이 전체 시스템 성능을 더 좋게 할 수 있다. 즉, 일정한 도플러 주파수 임계치를 정하고, 상기 임계치 이하에서는 선형예측법을 쓰다가 임계치 이상에서는 맹목적 방법을 사용하는 것이 더 효율적일 수 있다. 상기와 같이 선형예측법 및 맹목적 방법을 선택하여 사용하는 방법을 혼용법이라고 한다.

상기와 같이 지연시간의 크기 및 채널의 변화에 따라 각각 대응되는 송신 빔을 형성하는 방법을 구체화시킨 결과를 네 가지 실시예들을 구체적으로 살펴본다.

상기 4가지의 실시예들로서 본 발명의 실시예에서는 기본형, 예측형, 기본적 혼합형, 예측적 혼합형 등의 네가지 방법을 살펴본다. 상기 네가지 실시예들은 기지국이 단말국으로부터 순방향 페이딩 정보를 피드백 받아 송신 빔을 효율적으로 형성하기 위한 가중치 벡터를 생성한다. 상기 4가지 실시예들은 전체적으로 상당부분 동일한 구조 및 동작을 보이나, 송신빔 형성 알고리즘의 핵심인 송신상관행렬의 구성 및 동작에 있어 차이점을 갖는다.

도 4a는 본 발명의 실시예에 따른 이동통신 시스템에서 단말국으로부터 순방향 페이딩계수를 수신하여 최적의 가중치 벡터를 구한 후, 이를 이용하여 송신되는 신호의 빔을 효율적으로 형성하는 기지국의 송신 어레이 안테나 시스템의 구조를 도시하는 도면이다. 그리고 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 이동통신 시스템에서 기지국의 순방향 송신신호를 수신한 후, 수신된 신호로부터 순방향 페이딩 계수를 추정한 후, 상기 추정된 순방향 페이딩 계수 값을 특징의 역방향 채널을 통해 기지국으로 전송하는 단말기의 구조를 도시하는 도면이다. 여기서 상기 단말기가 추정하는 순방향 페이딩 계수는 순방향 페이딩 크기가 될 수도 있다. 그리고 도 9는 상기 도 4a 및 도 4b와 같은 구조를 갖는 이동통신 시스템의 기지국과 이동국 간의 동작 과정을 도시하는 흐름도이다.

먼저 도 4a를 참조하여 기지국의 구조를 살펴보면, 상기 기지국은 순방향 처리기(400), 안테나어레이(405), 역방향처리기(410), 순방향정보인수기(421), 빔형성제어기(420) 등으로 구성될 수 있다.

상기 순방향 처리기(400)은 송신되는 신호를 부호화 및 변조한 후 RF신호로 상승 변환하여 출력하는 기능을 수행한다. 여기서 상기 송신빔형성기(403)은 상기 송신 메시지를 대응되는 단말국들과 효율적으로 통신할 수 있도록 상기 순방향 송신신호의 빔을 형성하여 출력하게 된다. 상기 순방향 처리기(400)은 부호기(401), 변조기(402), 송신빔형성기(403), RF부(404) 등을 구비한다.

L개의 안테나 소자들로 이루어진 안테나어레이(405)는 상기 순방향처리기(400)의 송신빔형성기(403)에 의해 형성된 방향으로 빔을 전파하는 기능을 수행한다.

역방향처리기(410)은 상기 안테나어레이(405)에서 수신되는 RF신호를 하강변환한 후 복조 및 복호하는 기능을 수행한다. 상기 역방향처리기(410)은 RF부(411), M개의 펌거들 및 경로분리기 및 경로결합기등으로 이루어진 레이크수신기(412), 복호기(413)등으로 구성된다.

순방향페이딩정보인수기(421)은 상기 역방향처리기(410)의 레이크수신기(412)의 출력을 입력하며, 레이크수신기(412)에서 출력되는 수신신호의 페이딩 정보에서 순방향 페이딩 계수를 추출하는 기능을 수행한다. 여기서 상기 순방향 페이딩계수는 순방향 페이딩크기가 될 수도 있다.

빔형성제어기(420)은 상기 순방향페이딩정보인수기(421)에서 출력되는 순방향 페이딩계수와 상기 레이크수신기(412)의 중간 출력을 입력하여 상기 송신빔의 형성을 제어하기 위한 가중치 벡터를 생성한다. 상기 빔형성제어기(420)은 순방향 페이딩파워계산기(422), 어레이벡터계산기(423), 송신상관행렬계산기(424), 가중치벡터계산기(425) 등으로 구성될 수 있다. 이때 상기 순방향페이딩파워계산기(422) 및 어레이벡터계산기(423)은 다중경로의 수에 대응되는 수로 구비되어야 한다. 따라서 상기 순방향페이딩파워계산기(422) 및 어레이벡터계산기(423)은 레이크수신기(412) 내의 각 펌거들에 각각 대응시켜 구성하는 것이 바람직할 수 있다. 또한 상기 빔형성제어기(420)은 하기에 설명될 각 실시예별로 약간의 다른 구성들을 가진다.

수신빔형성기는 편의상 도면으로 도시하고 있지는 않지만 일반적으로 레이크수신기(412)의 각 펌거내의 복조기 앞 또는 뒤에 위치된다. 또한 순방향처리기(400) 내에 위치되는 변조기(402)와 송신빔형성기(403)의 위치는 바뀔 수 있다. 상기한 바와 같이 본 발명의 실시예들은 상기 가능성들과 기본적으로 같은 동작원리와 구성을 하고 있으므로, 본 발명은 상기 가능성들을 모두 포함하는 것으로 보아야 한다.

상기와 같은 구성을 갖는 기지국의 송신 안테나어레이 시스템의 구성 및 동작을 각 실시예별로 구체적으로 살펴보기로 한다. 이 과정에서 상기 기지국의 송신 안테나 어레이 시스템은 단말국으로부터 피드백되는 순방향 페이딩정보에 따라 송신빔의 형성을 제어하게 된다. 따라서 상기 단말국이 순방향 링크의 신호를 수신하여 페이딩정보를 추정하고, 상기 추정된 페이딩 정보를 기지국으로 피드백하는 동작을 도 4b를 참조하여 설명한다.

상기 단말국은 일반적으로 안테나 어레이 시스템을 사용하지 않는다. 따라서 상기 도 4b에 도시된 바와 같이 상기 단말국은 단일안테나(431)을 사용한다.

단말국의 순방향처리기(430)은 기지국이 순방향 링크를 통해 송신하는 신호를 수신하여 처리하는 기능을 수행한다. 상기 순방향처리기(430)은 RF부(432), M개의 핑거들 및 경로분리기 및 경로결합기등으로 이루어진 레이크수신기(433), 복호기(434)등으로 구성될 수 있다.

상기 단말국의 역방향 처리기(440)은 단말국의 송신신호를 부호화 및 변조하여 대응되는 역방향 채널을 통해 기지국으로 전송하는 기능을 수행한다. 상기 역방향처리기(440)은 부호기(441), 다중기(442), 변조기(443), RF부(444)등으로 구성될 수 있다.

순방향페이딩처리기(450)은 순방향 링크의 수신신호에서 순방향 페이딩정보를 추정한 후, 상기 추정된 순방향 페이딩 정보를 부호화하여 특정의 역방향 채널에 피드백시키는 기능을 수행한다. 상기 순방향페이딩처리기(450)은 순방향페이딩추정기(451), 순방향페이딩부호기(452)등으로 구성될 수 있다. 여기서 상기 순방향페이딩추정기(451)이 추정하는 "페이딩 정보"는 다중경로 페이딩채널의 페이딩계수 뿐만아니라 빔형성용 가중치벡터와 어레이벡터등이 복합된 것을 의미한다. 즉, 상기 < 수학식 15 > 에 나타난 바와 같이 상기 순방향페이딩추정기(451)이 수신된 신호로부터 추정하는 페이딩정보에는 순방향 페이딩계수(), 어레이벡터(), 가중치() 등이 포함되어 있다. 이점이 스마트안테나를 채택하지 않았을 경우의 종래의 페이딩과 구별되는 점이다.

상기의 내용에서 기지국 및 단말국 모두 순방향처리기(400, 430)와 역방향처리기(410, 440)는 상기 송신빔형성기(403)을 제외하면 일반적인 CDMA 이동통신 시스템의 순방향처리기 및 역방향처리기의 구성과 동일하게 구성할 수 있다.

상기 기지국에서 임의의 송신메시지가 부호기(401) 및 변조기(402)등을 통과한 후 송신빔형성기(403)에 인가되면, 상기 송신빔형성기(403)은 가중치벡터계산기(425)에서 인가되는 적당한 초기 가중치벡터 $w[0]$ 에 의해 송신빔이 형성된다. 상기와 같이 형성된 송신빔은 RF부(404)와 안테나어레이(405)를 거쳐 공간으로 복사된다(기지국의 순방향 전송).

그러면 상기 단말국은 상기 순방향 신호를 단일안테나(431), RF부(432)를 통해 수신한 다음, 레이크수신기(433)를 통해 경로별 분리, 복조, 결합한 다음, 복호기(434)를 통해 수신메시지를 얻는다.

이때 상기 단말국이 수신하는 순방향신호는 상기 < 수학식 9 > 와 같다. 그리고 상기 < 수학식 9 > 의 각 경로의 채널 벡터 \mathbf{h}_m 에는 상기 < 수학식 10 > 과 같이 순방향 페이딩계수 및 어레이벡터 정보가 포함되어 있다. 그러므로 상기 순방향 페이딩추정기(451)이 추정하는 순방향 페이딩정보에는 상기 < 수학식 15 > 에 나타난 바와 같이 순방향 페이딩계수, 어레이벡터, 가중치 등이 포함된 정보가 된다. 이때 상기 기지국에서 필요로하는 정보는 순방향 페이딩계수() 이므로, 상기 순방향 페이딩추정기(451)은 상기 페이딩 정보 중에서 상기 순방향 페이딩계수 만을 추출하여 전송할 수도 있다. 또한 상기 순방향 페이딩추정기(451)은 복소 값인 상기 순방향 페이딩계수 대신에 실수 값인 순방향 페이딩 크기를 추정할 수도 있다. 여기서 상기 순방향 페이딩계수 및 순방향 페이딩크기의 장단점을 살펴보면, 상기 순방향 페이딩계수는 선형예측 계산이 상대적으로 간단한 장점이 있는데 반하여, 단말국이 추정된 순방향 페이딩계수를 기지국으로 피드백시키는 부담이 크다. 그리고 상기 순방향 페이딩크기는 상기 피드백시키는 부담이 상대적으로 작은 장점이 있는데 반하여 상기 선형예측 계산이 다소 복잡한 단점이 있다. 따라서 필요에 따라 상기 순방향 페이딩계수 또는 페이딩 크기 중에 하나를 선택하여 사용할 수 있다.

그리고 상기 순방향 페이딩부호기(452)는 상기 추정된 순방향 페이딩정보를 역방향 채널의 송신 형태로 부호화하여 다중기(442)에 인가한다. 이때 상기 순방향페이딩부호기(452)에서 출력되는 부호화된 순방향 페이딩정보는 역방향링크의 채널을 통해 전송되는데, 상기 역방향 채널은 상기 순방향 페이딩정보만을 출력하기 위한 별도의 독립적인 채널을

사용할 수 있으며, 또한 현재 사용중인 제어채널의 메시지 프레임 구조를 변경하여 상기 순방향 페이딩정보를 삽입하여 전송할 수 있다.

상기한 바와 같이 상기 단말국의 동작을 살펴보면, 상기 레이크수신기(433)로부터 출력되는 순방향신호를 수신하는 상기 순방향페이딩추정기(451)는 각 경로당 페이딩계수를 추정하여 출력하고, 상기 순방향페이딩부호기(452)는 모든 순방향페이딩정보를 취합하여 부호화한다. 상기 부호화된 순방향페이딩정보는 다중기(442)를 통해 단말국의 임의의 부호화된 송신메시지와 적당히 다중화된 후, 변조기(443)와 RF부(444) 및 단일 안테나(431)를 통해 공간으로 복사된다(단말국의 역방향 전송).

이후 상기 단말국은 수신상태로 되돌아가나 실제로는 송수신이 동시적으로 일어나며, 상기와 같은 과정을 반복한다. 여기서 상기 순방향전송 및 역방향전송사이에는 D 단위시간(보통, 슬롯)만큼의 지연이 발생한다고 가정한다.

기지국에서 상기 역방향신호를 안테나어레이(405), RF부(411)을 통해 수신하여 레이크수신기(412), 복호기(413) 등을 통해 수신신호를 복조, 복호하여 수신메시지를 얻는다. 이 과정에서 레이크수신기(412)내의 역방향 빔형성기를 통해 역방향빔형성을 하게 되는데, 본 발명의 실시예에서는 상기 역방향 빔형성에 대한 설명은 생략하기로 한다.

다음 시점의 송신빔형성을 위한 가중치벡터 계산은 기지국의 빔형성제어기(420)에서 이루어지는데, 제1실시예 - 제4실시예들은 다음과 같은 공통된 과정을 수행한다.

레이크수신기(412)의 중간 출력단으로부터 순방향정보인수기(421)를 통해 단말국으로부터 피드백된 순방향 페이딩정보를 추출해내고, 순방향페이딩파워계산기(422)는 상기 추출된 순방향 페이딩정보와 상기 레이크수신기(412)에서 역방향 수신신호를 처리하는 과정에서 얻어지는 각 경로별 역방향 페이딩정보와 도플러 주파수정보등을 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워 $\{p_i\}$ 를 계산한다. 동시에 상기 어레이벡터계산기(423)은 상기 레이크수신기(412)에서 역방향 수신신호를 처리하는 과정에서 수신방향정보에 근거한 각 경로별 어레이벡터 $\{a(\theta_i)\}$ 를 계산한다.

그리고 상기 송신상관행렬계산기(424)는 상기 순방향페이딩파워 $\{p_i\}$ 와 어레이벡터 $\{a(\theta_i)\}$ 를 이용해 송신상관행렬 $G = \sum_i p_i a(\theta_i) a(\theta_i)^H$ 을 계산한다. 그리고 상기 가중치벡터계산기(425)는 상기 송신상관행렬의 최대 고유벡터를 계산하고, 이를 다시 정규화하여 다음 시점의 송신빔형성기(403)의 가중치벡터 $w[k]$ 로 정한다.

그러면 다음 시점에서 상기 순방향처리기(400)에 인가되는 송신 메시지는 부호기(401) 및 변조기(402)를 통해 부호화 및 변조되어 송신빔형성기(403)에 인가되며, 상기 송신빔형성기(403)은 상기 가중치벡터계산기(425)에서 출력되는 가중치 벡터에 의해 상기 변조된 송신 메시지를 전송하기 위한 송신빔을 형성한다. 그리고 상기와 같이 형성된 송신빔은 RF부(404)를 통해 주파수가 상승변환된 후 안테나어레이(405)를 통해 공간으로 복사한다(기지국의 순방향 전송).

그후, 기지국은 다시 수신상태로 되돌아가나 실제로는 송수신이 동시적으로 일어나며, 상기와 동작은 반복되어 계속된다.

도 9는 상기 도 4a 및 도 4b와 같은 기지국 및 단말국의 동작을 도시하는 흐름도이다.

상기 도 9를 참조하면, 기지국과 단말국은 각각 601단계와 651단계에서 초기화 동작을 수행한다. 이때 상기 기지국은 초기화 과정에서 시점을 초기화($k=0$) 하고, 가중치 벡터를 초기화($w[0]$) 한다.

이후 상기 기지국은 603단계 및 605단계에서 순방향처리기(400)를 통해 송신메세지를 부호화 및 변조하며, 상기 가중치벡터에 의해 송신빔을 형성하여 순방향 송신 동작을 수행한다. 이후 상기 기지국은 607단계 - 611단계에서 상기 시점(k)을 증가한 후 단위시간 D를 지연하면서 역방향 수신시 까지 대기한다. 상기의 동작은 상기 순방향 송신을 수행한 후 역방향 신호의 수신을 대기하는 과정이며, 이때 기지국은 다른 동작들도 수행하게 된다.

상기 순방향 신호가 발생되면, 상기 단말국은 653단계 및 655단계에서 순방향처리기(430)을 통해 상기 순방향신호를 수신 및 수신된 순방향신호의 경로를 분리한다. 이후 상기 순방향 신호는 657단계 - 661단계에서 순방향처리기(430)을 통해 상기 분리된 경로별로 복조한 후 경로 결합을 하고, 상기 결합된 신호를 복호하여 수신 메세지를 발생한다. 또한 상기 단말국은 663단계 - 669단계를 수행하면서 상기 분리된 경로별로 순방향 페이딩정보를 추정하고, 상기 추정된 순방향 페이딩정보를 부호화한 후 역방향처리기 (440)을 통해 역방향 채널로 전송한다. 그리고 상기 653단계로 되돌아가 다음 순방향신호의 수신을 대기한다.

이때 상기 역방향 채널의 신호를 수신하게 되면, 상기 기지국은 613단계에서 역방향처리기(410)을 통해 수신되는 신호의 경로를 분리한다. 이후 상기 기지국은 순방향페이딩파워계산기(422)를 제어하여 621단계에서 가중치벡터를 생성하기 위한 실시예들을 선택한다. 그리고 상기 기지국은 615단계에서 어레이벡터계산기(423)을 제어하여 경로별 어레이벡터 $\{a(\theta_i)\}$ 를 추정한다.

상기 실시예들을 선택하는 동작을 살펴보면,

실시예는 상기 피드백 지연시간 D의 크기 및 단말국의 이동속도에 따라 결정된다. 제1실시예에서 상기 피드백 지연시간 D가 비교적 작고 단말국의 이동속도가 작으면 623단계에서 제1실시예인 기본형을 선택하여 순방향페이딩파워를 계산한다.

제2실시예로써, 상기 피드백 지연시간 D가 크고 단말국의 이동속도가 작으면 625단계에서 제2실시예인 예측형을 선택하여 순방향 페이딩파워를 계산한다.

상기 단말국의 이동속도가 임계치가 초과되면 상기 기본형 또는 예측형을 사용하는 경우 급격한 성능의 저하가 발생될 수 있다. 따라서 이런 경우 맹목적 순방향 빔형성법을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 따라서 상기 단말국의 이동속도에 따라 상기 제1실시예인 기본형과 맹목적 순방향빔 형성법 중에 하나를 선택하는 제3실시예로써 기본적 혼합형을 선택하던지, 또한 단말국의 이동속도에 따라 상기 제2실시예인 예측형과 맹목적 순방향빔 형성법 중의 하나를 선택하는 제4실시예로써 예측적 혼합형을 선택할 수 있다. 상기 제3실시예의 경우 627단계에서 선택된 제3실시예에 따른 방식으로 순방향 페이딩파워를 계산하고, 상기 제4실시예의 경우 629단계에서 선택된 제4실시예에 따른 방식으로 순방향 페이딩파워를 계산한다.

상기 제1실시예 - 제4실시예에서 경로별 순방향 페이딩파워(P_r)를 계산하는 동작은 후술하는 도면들을 참조하여 각 실시예별로 상세하게 설명한다.

상기 경로별 어레이 벡터 및 경로별 순방향 페이딩파워가 계산되면, 631단계에서 송신상관행렬G를 계산하며, 633단계에서 상기 계산된 송신상관행렬 G의 최대 고유벡터를 계산한 후 이를 정규화하여 가중치 벡터를 갱신하여 다음 시점의 송신 메세지를 송신하기 위한 송신빔을 형성하도록 제어한다.

상기와 같은 단말국이 순방향 신호의 페이딩정보를 추정하여 이를 기지국에 피드백시키면, 상기 기지국은 상기 피드백되는 순방향 페이딩정보와 역방향링크로 수신되는 역방향 페이딩파워와 도플러주파수를 추정하여 가중치 벡터를 생성하며, 이를 이용하여 다음에 송신되는 메시지의 송신빔을 형성한다. 이때 상기 송신빔을 형성할 때 상기 기지국과 단말기 간의 피드백 지연시간 D 와 단말기국의 이동속도에 따라 상기 순방향페이딩파워계산기(422)의 구성 및 동작이 구별되는 다음과 같은 제1실시예1 - 제4실시예들을 고려할 수 있다.

제1실시예 (기본형)

상기 제1실시예는 기지국과 단말기 간의 피드백 지연시간 D 가 0이거나 또는 비교적 작고, 단말국의 이동속도가 그리 크지 않을 때 사용하기 위한 송신 안테나 어레이 시스템으로써, 이하 기본형이라 칭한다. 상기 제1실시예에 대한 기지국의 송신 안테나어레이 시스템의 구성은 도 5에 도시되어 있으며, 상기 제1실시예에서 순방향 페이딩 파워를 계산하는 동작은 도 10에 도시되어 있다.

상기 제1실시예의 동작을 살펴보면, 711단계 및 713단계를 수행하면서 기지국 내의 레이크수신기(412) 내의 경로분리기(501)을 통해 역방향수신신호를 경로별로 분리한 다음, 각 핑거내 복조기(502)에서 복조한 다음, 경로결합기(503)를 통해 모든 핑거출력을 적당히 결합한다. 그리고 기지국은 719단계에서 복호기(413)를 통해 수신메시지를 얻는다.

또한 상기 기지국은 715단계에서 순방향페이딩복호기(511)를 통해 단말국에서 보낸 D 단위시간 지연된 순방향페이딩 정보 $\{\beta_i^F[k-D] a(\theta_i)^H w\}$ 또는 $\{|\beta_i^F[k-D] a(\theta_i)^H w|\}$ 를 얻고, 다시 순방향페이딩추출기(512)를 통해 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k-D]\}$ 또는 $\{|\beta_i^F[k-D]|\}$ 를 추출한다. 여기서, $\{a(\theta_i)^H w\}$ 는 기지국에서 미리 알 수 있는 값이며, F 는 순방향(Forward), k 는 현재 시점, i 는 경로번호 ($i = 1, \dots, M$)을 각각 나타낸다. 이후 기지국은 717단계에서 D 단위시간 지연되었더라도 이 값을 현재값 $\{\beta_i^F[k]\}$ 또는 $\{|\beta_i^F[k]|\}$ 으로 인정하고 파워계산기(509)를 통해 순방향페이딩파워 $\{p_i\} = \{|\beta_i^F|^2\}$ 를 계산해 낸다.

또한 어레이벡터계산기(423)은 복조기(502)의 각 경로별 역방향 수신신호로부터 어레이벡터를 계산한다. 그러면 송신상관행렬계산기(424)는 상기 순방향 페이딩파워 및 어레이벡터를 이용하여 송신상관행렬 G 를 계산하고, 가중치벡터계산기(425)는 상기 송신상관행렬 G 로부터 최대고유벡터 계산하고 이를 정규화하여 다음 시점의 가중치벡터($w[k]$)로 정한다.

제2실시예 (예측형)

피드백 지연시간 D 가 상당할 경우, 단말기로부터 피드백받은 과거의 순방향페이딩정보로부터 현재의 순방향 페이딩계수를 예측하는 수단을 가진 본 예측형을 쓸 수 있다. 상기 제2실시예에 대한 구성은 도 6에 도시되어 있으며, 상기 제2실시예의 순방향페이딩파워계산기(422)의 동작은 도 11에 도시되어 있다. 상기 제2실시예에서 사용되는 예측기로는 활용가능한 임의의 예측기도 쓸 수 있으나, 여기서는 대표적인 예측기로서 선형예측기를 사용하는 것으로 가정한다. 그러나 상기 선형예측기 이외의 다른 예측기를 사용하는 경우에도 동일한 효과를 이룰 수 있다.

상기 제2실시예의 동작을 살펴보면, 기지국은 811단계 및 813단계를 통해 기지국내의 레이크수신기(412) 내의 경로분리기(501)을 통해 역방향수신신호를 경로별로 분리하여 각 핑거내의 복조기(502)에서 복조한 다음, 경로결합기(503)를 통해 모든 핑거출력을 적당히 결합한다. 그리고 상기 기지국은 821단계에서 복호기(413)를 통해 수신메시지를 얻는다.

또한 상기 기지국은 815단계에서 순방향페이딩복호기(511)를 통해 단말국에서 보낸 D 단위시간 지연된 순방향페이딩 정보 $\{\beta_i^F[k-D] a(\theta_i)^H w\}$ 또는 $\{|\beta_i^F[k-D] a(\theta_i)^H w|\}$ 를 얻고, 다시 순방향페이딩추출기(512)를 통해 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k-D]\}$ 또는 $\{|\beta_i^F[k-D]|\}$ 를 추출한다. 그리고 상기 추출된 순방향 페이딩계수를 메모리(513)에 저장한다.

또한, 메모리(513)로부터 과거 순방향페이딩정보를 인출하여 V개의 지연된 순방향페이딩계수군 $\{\beta_i^F[k-D], \beta_i^F[k-D-1], \dots, \beta_i^F[k-D-V+1]\}$, 또는 순방향페이딩크기군 $\{|\beta_i^F[k-D]|, |\beta_i^F[k-D-1]|, \dots, |\beta_i^F[k-D-V+1]|\}$ 을 형성한다.

또한 상기 기지국은 817단계에서 역방향페이딩추정기(506)를 통해 각 경로별 역방향페이딩계수 $\{\beta_i^R\}$ 를 얻고, 이로부터 평균파워계산기(507)를 통해 역방향페이딩계수의 평균파워 $\{E[\beta_i^R]^2\}$ 를 계산하며, 또한 도플러주파수추정기(505)를 통해 각 경로별 도플러주파수 $\{f_{D,i}\}$ 를 추정한다.

이후 상기 기지국은 819단계에서 현재순방향페이딩추정기(508)을 통해 현재순방향페이딩을 추정한 후, 파워계산기(509)를 통해 순방향 페이딩파워를 계산한다. 상기 현재순방향페이딩추정기(508)은 상기 순방향페이딩계수, 경로별 역방향 페이딩 추정에 의한 평균파워 및 추정된 도플러주파수를 입력한다. 상기 현재순방향페이딩추정기(508)의 동작을 살펴보면, 상기 메모리(513)로부터 과거 순방향페이딩정보를 인출하여 V개의 지연된 순방향페이딩계수군 $\{\beta_i^F[k-D], \beta_i^F[k-D-1], \dots, \beta_i^F[k-D-V+1]\}$, 또는 순방향페이딩크기군 $\{|\beta_i^F[k-D]|, |\beta_i^F[k-D-1]|, \dots, |\beta_i^F[k-D-V+1]|\}$ 을 형성한다.

이때 상기 순방향 페이딩정보가 복소값인 상기 순방향페이딩계수군의 경우, 상기 $\{\beta_i^F[k-D], \beta_i^F[k-D-1], \dots, \beta_i^F[k-D-V+1]\}$ 와 $\{E[\beta_i^R]^2\}$ 와 $\{f_{D,i}\}$ 를 이용해 현재순방향페이딩추정기(508)에서 각 경로별 현재 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k]\}$ 를 추정한다. 이때 사용되는 예측방법은 상기 < 수학식 16>, < 수학식 17> 및 < 수학식 18> 과 같은 선형예측법을 이용한다. 또한 상기 순방향 페이딩정보가 실수값인 상기 순방향페이딩크기군의 경우, 상기 $\{|\beta_i^F[k-D]|, |\beta_i^F[k-D-1]|, \dots, |\beta_i^F[k-D-V+1]|\}$ 를 이용해 현재순방향페이딩추정기(508)에서 각 경로별 현재 순방향페이딩크기 $\{|\beta_i^F[k]|\}$ 를 추정 한다. 이때 사용되는 예측방법은 < 수학식 20>, < 수학식 21> 및 < 수학식 22> 와 같은 선형예측법을 이용한다.

상기와 같이 추정된 상기 순방향 페이딩계수 값을 파워계산기(509)에 인가해 순방향페이딩파워 $\{p_i\} = \{|\beta_i^F|^2\}$ 를 계산해 낸다.

또한 어레이벡터계산기(423)은 복조기(502)의 각 경로별 역방향 수신신호로부터 어레이벡터를 계산한다. 그러면 송신상관행렬계산기(424)는 상기 순방향 페이딩파워 및 어레이벡터를 이용하여 송신상관행렬 G를 계산하고, 가중치벡터계산기(425)는 상기 송신상관행렬 G로부터 최대고유벡터 계산하고 이를 정규화하여 다음시점의 가중치벡터(w[k])로 정한다.

제3실시에 (기본적 혼합형)

지연시간 D가 0이거나 비교적 작을 경우, 단말국의 이동속도가 어느 정도가 될 때까지는 상기 제1실시에(기본형)가 좋은 성능을 보이지만, 단말국의 이동 속도가 어느 임계치를 넘어서고 나서는 기본형이 급격한 성능저하를 보인다. 이를 대비해서 단말국의 이동속도가 어느 임계치를 넘어서한다고 판단될 때, 상기 맹목적 순방향빔형성법을 쓸 수 있다. 본 발명의 실시예에서는 상기와 같이 단말국의 이동속도에 따라 기본형과 맹목적 순방향빔형성법을 선택해 쓰는 방법을 기본적 혼합형 순방향빔형성법이라 칭하기로 한다.

상기 제3실시예에 따른 송신 안테나어레이 시스템의 구성은 도 7에 도시되어 있으며, 해당 순방향페이딩파워계산기의 동작은 도 12에 상세하게 개시되어 있다.

상기 제3실시예의 동작을 살펴보면, 기지국은 911단계 및 913단계에서 기지국내의 레이크수신기(412)내의 경로분리기(501)을 통해 역방향수신신호를 경로별로 분리하여 각 핑거내 복조기(502)들에서 복조한 다음, 경로결합기(503)를 통해 모든 핑거출력을 적당히 결합한다. 그리고 상기 기지국은 927단계에서 복호기(413)를 통해 수신메시지를 얻는다.

또한 상기 기지국은 915단계에서 순방향페이딩복호기(511)를 통해 단말국에서 보낸 각 D 단위시간 지연된 순방향페이딩정보 $\{\beta_i^F[k-D] \underline{a}(\theta_i)^H \underline{w}\}$ 또는 $\{\beta_i^F[k-D] \underline{a}(\theta_i)^H \underline{w}\}$ 를 얻고, 다시 순방향페이딩추출기(512)를 통해 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k-D]\}$ 또는 $\{\beta_i^F[k-D]\}$ 를 추출한다. 여기서, $\{\underline{a}(\theta_i)^H \underline{w}\}$ 는 기지국에서 미리 알 수 있는 값이며, F는 순방향(Forward), k는 현재 시점, i는 경로번호 ($i = 1, \dots, M$)을 각각 나타낸다. D 단위시간 지연되었더라도 이 값을 현재값 $\{\beta_i^F[k]\}$ 또는 $\{\beta_i^F[k]\}$ 으로 인정하고, 상기 기지국은 917단계에서 파워계산기(509)를 통해 순방향페이딩파워 $\{\beta_i^F\}^2$ 를 계산한다.

동시에 상기 기지국은 919단계에서 상기 복조기(502)로부터 역방향페이딩추정기(506)를 통해 역방향페이딩계수를 추정한다. 다음, 평균파워계산기(507)를 통해 평균 역방향페이딩파워 $\{E[\beta_i^R\}^2\}$ 를 계산한다. 그리고 상기 도플러주파수추정기(505)를 통해 경로별 도플러 주파수를 추정한다.

이후 기지국은 921단계에서 상기 도플러주파수를 이용하여 상기 순방향페이딩파워 $\{\beta_i^F\}^2$ 와 평균 역방향페이딩파워 $\{E[\beta_i^R\}^2\}$ 중 하나를 선택기(510)을 통해 선택한다. 이때 상기 선택 방법을 살펴보면, 상기 기지국은 상기 복조기(502)로부터 도플러주파수추정기(505)를 통해 도플러주파수를 추정하며, 이 값이 미리 설정된 임계치보다 작으면 921단계에서 단말국의 이동도가 낮다고 판단하고 923단계에서 상기 순방향페이딩파워 $\{\beta_i^F\}^2$ 를 선택하며, 상기 임계치보다 크면 921단계에서 이동도가 높다고 판단하고 925단계에서 상기 평균 역방향페이딩파워 $\{E[\beta_i^R\}^2\}$ 를 선택하여 출력 $\{p_i\}$ 로 내보낸다.

또한 어레이벡터계산기(423)은 복조기(502)의 각 경로별 역방향 수신신호로부터 어레이벡터를 계산한다. 그러면 송신상관행렬계산기(424)는 상기 순방향 페이딩파워 및 어레이벡터를 이용하여 송신상관행렬 G를 계산하고, 가중치벡터계산기(425)는 상기 송신상관행렬 G로부터 최대고유벡터 계산하고 이를 정규화하여 다음 시점의 가중치벡터($\underline{w}[k]$)로 결정한다.

제4시예 (예측적 혼합형)

상기 피드백 지연시간 D가 상당할 경우, 단말국의 이동속도가 어느 정도가 될 때까지는 상기 제2실시예(예측형)가 좋은 성능을 보이지만, 단말국의 이동 속도가 어느 임계치를 넘어서고 나서는 기본형이 급격한 성능저하를 보인다. 이를 대비해서 단말국의 이동속도가 어느 임계치를 넘어서는다고 판단될 때, 기존의 맹목적 순방향빔형성법을 쓸 수 있다. 본 발명의 제4실시예에서는 상기와 같이 단말국의 이동속도에 따라 예측형과 맹목적 순방향빔형성법을 선택해 쓰는 방법을 예측적 혼합형 순방향빔형성법이라 칭한다.

상기 제4실시예에 대한 구성은 도 8에 도시되어 있으며, 상기 제4실시예에 해당하는 순방향페이딩파워계산기의 동작은 도 13에 개시되어 있다.

상기 제4실시예의 동작을 살펴보면, 기지국은 1011단계 및 1013단계에서 기지국내의 레이크수신기(412)내의 경로분리기(501)을 통해 역방향 수신신호를 경로별로 분리하여 각 핑거내 복조기(502)에서 복조한 다음, 경로결합기(503)를 통해 모든 핑거출력을 적당히 결합한다. 그리고 상기 기지국은 1025단계에서 복호기(413)를 통해 수신메시지를 얻는다.

또한 상기 기지국은 1013단계에서 순방향페이딩복호기(511)를 통해 단말국에서 보낸 각 D 단위시간 지연된 순방향페이딩정보 $\{\beta_i^F[k-D] a(\theta_i)^H w\}$ 또는 $\{\beta_i^F[k-D] a(\theta_i)^H w\}$ 를 얻고, 다시 순방향페이딩추출기(512)를 통해 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k-D]\}$ 또는 $\{|\beta_i^F[k-D]|\}$ 를 추출한다. 그리고 상기 추출된 순방향페이딩계수를 메모리(513)에 저장한다.

동시에 상기 기지국은 1015단계에서 역방향페이딩추정기(506)를 통해 각 경로별 역방향페이딩계수 $\{\beta_i^R\}$ 를 얻고, 이로부터 평균파워계산기(507)를 통해 역방향페이딩계수의 평균파워 $\{E[\beta_i^R]^2\}$ 를 계산하며, 도플러주파수추정기(505)를 통해 각 경로별 도플러주파수 $\{f_{d,i}\}$ 를 추정한다.

이후 상기 기지국은 1017단계에서 현재순방향페이딩추정기(508)을 통해 상기 순방향페이딩계수, 평균 역방향페이딩파워 및 도플러주파수 등에 따라 현재의 순방향페이딩계수를 추정하고, 이 값을 이용하여 순방향페이딩파워를 계산한다. 즉, 상기 현재순방향페이딩추정기(508)은 상기 메모리(513)로부터 과거 순방향페이딩정보를 인출하여 V개의 지연된 순방향페이딩계수군 $\{\beta_i^F[k-D], \beta_i^F[k-D-1], \dots, \beta_i^F[k-D-V+1]\}$, 또는, 순방향페이딩크기군 $\{|\beta_i^F[k-D]|, |\beta_i^F[k-D-1]|, \dots, |\beta_i^F[k-D-V+1]|\}$ 을 형성한다.

이때 상기 순방향페이딩정보가 복소값인 상기 순방향페이딩계수군의 경우, 상기 $\{\beta_i^F[k-D], \beta_i^F[k-D-1], \dots, \beta_i^F[k-D-V+1]\}$ 와 $\{E[\beta_i^R]^2\}$ 와 $\{f_{d,i}\}$ 를 이용해 현재순방향페이딩추정기(508)에서 각 경로별 현재 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k]\}$ 를 추정한다. 이때 상기 순방향페이딩계수에 따른 예측방법은 < 수학식 16> , < 수학식 17> 및 < 수학식 18> 과 같은 선형예측법을 이용한다. 또한 상기 순방향페이딩정보가 실수값인 상기 순방향페이딩크기군의 경우, 상기 $\{|\beta_i^F[k-D]|, |\beta_i^F[k-D-1]|, \dots, |\beta_i^F[k-D-V+1]|\}$ 를 이용해 현재순방향페이딩추정기(508)에서 각 경로별 현재 순방향페이딩크기 $\{|\beta_i^F[k]|\}$ 를 추정한다. 이 때 순방향페이딩크기에 따른 예측방법은 < 수학식 20> , < 수학식 21> 및 < 수학식 22> 와 같은 선형예측법을 이용한다.

상기와 같이 추정된 상기 현재 순방향페이딩계수 값을 파워계산기(509)에 인가해 순방향페이딩파워 $\{|\beta_i^F|^2\}$ 를 계산해 낸다.

이후 상기 기지국은 1019단계에서 상기 순방향페이딩파워 $\{|\beta_i^F|^2\}$ 와 평균 역방향페이딩파워 $\{E[\beta_i^R]^2\}$ 중 하나를 선택기(510)을 통해 선택한다. 상기 선택방법을 살펴보면, 상기 기지국은 상기 복조기(502)로부터 도플러주파수추정기(505)를 통해 도플러주파수를 추정하여 이 값이 미리 설정된 임계치보다 작으면, 1019단계에서 단말국의 이동도가 낮다고 판단하고 1021단계에서 상기 순방향페이딩파워 $\{|\beta_i^F|^2\}$ 를 선택하며, 상기 임계치보다 크면 상기 1019단계에서 이동도가 높다고 판단하고 1023단계에서 상기 평균 역방향페이딩파워 $\{E[\beta_i^R]^2\}$ 를 선택하여 출력 $\{\rho_i\}$ 로 내보낸다.

또한 어레이벡터계산기(423)은 복조기(502)의 각 경로별 역방향 수신신호로부터 어레이벡터를 계산한다. 그러면 송신상관행렬계산기(424)는 상기 순방향 페이딩파워 및 어레이벡터를 이용하여 송신상관행렬 G 를 계산하고, 가중치벡터계산기(425)는 상기 송신상관행렬 G 로부터 최대고유벡터 계산하고 이를 정규화하여 다음 시점의 가중치벡터($w[k]$)로 설정한다.

발명의 효과

송신안테나어레이를 채용한 이동통신시스템에 있어서, 순방향 페이딩정보를 단말국으로부터 궤환받아 보다 신뢰성있는 송신빔 형성을 함으로써, 이동통신시스템의 용량증대, 통화품질향상, 단말국의 송신전력 절약 등의 효과를 볼 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와,

상기 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보인수기와,

상기 순방향 페이딩정보와 상기 수신된 역방향신호를 이용하여 송신빔 형성을 위한 가중치벡터를 생성하는 빔형성제어기와,

송신빔형성기를 구비하며, 상기 가중치벡터에 의해 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 순방향페이딩정보인수기가,

상기 역방향처리기의 출력에서 상기 단말국으로부터 궤환된 각 경로별 순방향페이딩정보를 복호화하는 순방향페이딩복호기와,

상기 복호된 순방향 페이딩정보에서 순방향페이딩계수를 추출해내는 순방향페이딩추출기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 순방향페이딩추출기가,

상기 복호된 순방향 페이딩정보가 복소 정보 $\{\beta_i^F a(\theta_i)^H w, i=1, 2, \dots, M\}$ 일 경우, 상기 송신빔형성시 사용했던 가중치 벡터 w 와 어레이벡터 추정값 $\{a(\theta_i), i=1, 2, \dots, M\}$ 을 이용하여 복소 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F, i=1, 2, \dots, M\}$ 을 추출하는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 4.

제2항에 있어서, 상기 순방향페이딩추출기가,

상기 순방향 페이딩정보가 크기 정보 $\{|\beta_i^H \underline{a}(\theta_i)^H \underline{w}|, i=1, 2, \dots, M\}$ 일 경우, 상기 송신빔형성시 사용했던 가중치벡터 \underline{w} 와 어레이벡터계산기로부터의 어레이벡터 추정값 $\{\underline{a}(\theta_i), i=1, 2, \dots, M\}$ 을 이용하여 순방향페이딩크기 $\{|\beta_i^H|, i=1, 2, \dots, M\}$ 을 추출하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 5.

제2항에 있어서, 상기 순방향페이딩정보인수기가, 이전 상태에서 추출된 상기 순방향 페이딩계수 값을 소정 개수 저장하는 메모리를 더 구비하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 6.

제2항에 있어서, 상기 빔형성제어기가,

상기 추출된 순방향페이딩정보를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워를 계산하는 순방향페이딩파워계산기와,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 어레이벡터계산기와,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 송신상관행렬을 계산하는 송신상관행렬계산기와,

상기 송신상관행렬로부터 가중치벡터를 계산하여 갱신하며, 상기 갱신된 가중치벡터를 상기 송신빔형성기의 제어신호로 출력하는 가중치벡터계산기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 순방향페이딩파워계산기가,

상기 역방향신호로부터 각 경로별 역방향 페이딩파워를 추정하여 평균 역방향페이딩파워를 계산하는 평균 역방향 페이딩파워계산기와 단말국의 이동도를 추정하는 도플러주파수추정기를 더 구비하며, 피드백 지연시간 및 상기 단말국의 이동속도에 따라 상기 추출된 순방향 페이딩정보 및 상기 역방향 페이딩파워와 상기 도플러주파수를 이용하여 상기 순방향 페이딩파워를 계산하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 8.

제6항에 있어서, 상기 순방향 페이딩파워계산기가, 상기 피드백 지연시간의 변화가 작을 시 상기 파워계산기가 상기 추출된 각 경로별 순방향페이딩계수를 수신하여 각 경로별 순방향페이딩파워를 출력하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 9.

제6항에 있어서, 상기 순방향페이딩파워계산기가, 상기 지연시간의 변화가 클 시 상기 추출된 각 경로별 복수의 과거 순방향 페이딩계수들과 상기 계산된 각 경로별 평균 역방향 페이딩파워와 상기 추정된 각 경로별 도플러 주파수를 이용하여 각 경로별 현재의 순방향페이딩계수를 소정의 예측법을 통해 계산하여 각 경로별 현재 순방향페이딩파워를 출력하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 순방향페이딩파워계산기가,

상기 추출된 각 경로별 V 개의 과거 순방향페이딩계수군 $\{\beta_i^F[k-D], \beta_i^F[k-D-1], \dots, \beta_i^F[k-D-V+1], i=1, 2, \dots, M\}$ (D 는 기지국과 단말국 사이의 순방향페이딩정보 전송지연 단위시간수)와 상기 계산된 각 경로별 평균 역방향페이딩파워 $\{E[|\beta_i^R|^2], i=1, 2, \dots, M\}$ 와, 상기 추정된 각 경로별 도플러주파수 $\{f_{D,i}, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 근거로 소정의 선형예측법에 의해 각 경로별 현재 순방향페이딩계수 $\{\beta_i^F[k], i=1, 2, \dots, M\}$ 를 계산하며, 상기 계산된 순방향페이딩계수를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워 $\{p_i\} = \{|\beta_i^F|^2, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 생성하는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 11.

제9항에 있어서, 상기 순방향페이딩파워계산기가,

상기 추출된 각 경로별 V 개의 과거 순방향페이딩크기군

$\{|\beta_i^F[k-D]|, |\beta_i^F[k-D-1]|, \dots, |\beta_i^F[k-D-V+1]|, i=1, 2, \dots, M\}$ (D 는 기지국과 단말국 사이의 순방향페이딩정보 전송지연 단위시간수)와, 상기 계산된 각 경로별 평균 역방향페이딩파워 $\{E[|\beta_i^R|^2], i=1, 2, \dots, M\}$ 와, 상기 추정된 각 경로별 도플러주파수 $\{f_{D,i}, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 근거로 소정의 선형예측법에 의해 각 경로별 현재 순방향페이딩크기 $\{|\beta_i^F[k]|, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 계산하고, 상기 계산된 순방향페이딩크기를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워 $\{p_i\} = \{|\beta_i^F|^2, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 생성하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 12.

제8항에 있어서, 상기 순방향페이딩파워계산기가,

각 경로별 상기 순방향페이딩파워와 상기 평균역방향페이딩파워계산기로부터 계산된 각 경로별 평균 역방향페이딩파워를 입력하는 선택기와,

상기 단말기의 이동도를 추정하는 이동도 추정기를 더 구비하며,

상기 단말기의 이동도가 미리 설정된 임계치 보다 낮을 시 상기 순방향페이딩파워를 선택하고, 이동도가 상기 임계치보다 높을 시 상기 평균 역방향페이딩파워를 선택하여 출력하는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 13.

제12항에 있어서 상기 이동도추정기는 역방향 수신신호로부터 각 경로별 도플러주파수 $\{f_{D,i}, i=1, 2, \dots, M\}$ 을 추정하는 도플러주파수 추정기인 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 14.

제9항에 있어서, 상기 순방향페이딩파워계산기가,

상기 계산된 각 경로별 상기 순방향페이딩파워와 상기 평균역방향페이딩파워계산기로부터 계산된 각 경로별 평균 역방향페이딩파워를 입력하는 선택기와,

상기 단말기의 이동도를 추정하는 이동도 추정기를 더 구비하며,

상기 단말기의 이동도가 미리 설정된 임계치 보다 낮을 시 상기 순방향페이딩파워를 선택하고, 이동도가 상기 임계치보다 높을 시 상기 평균 역방향페이딩파워를 선택하여 출력하는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 15.

제14항에 있어서 상기 이동도추정기는 역방향 수신신호로부터 각 경로별 도플러주파수 $\{f_{D,i}, i=1, 2, \dots, M\}$ 을 추정하는 도플러주파수 추정기인 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 16.

제6항에 있어서, 상기 어레이벡터계산기가,

상기 역방향 신호로부터 바로 어레이벡터 $\{a(\theta_i), i=1, 2, \dots, M\}$ 를 생성하여 계산하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 송신상관행렬계산기가,

상기 어레이벡터 $\{a(\theta_i), i=1, 2, \dots, M\}$ 와 상기 순방향페이딩파워 $\{p_i, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 이용해 송신상관행렬 $G = \sum_{i=1}^M p_i a(\theta_i) a(\theta_i)^H$ 를 계산하는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 18.

제17항에 있어서, 상기 가중치벡터계산기가,

상기 송신상관행렬의 최대 고유치에 해당하는 최대 고유벡터를 계산한 후 정규화하여 가중치벡터들을 출력하는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 19.

제18항에 있어서, 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지를 상기 안테나어레이의 안테나소자 수 만큼 복사하며, 상기 복사된 메시지를 상기 각 가중치벡터의 요소들과 곱하여 송신빔을 형성하는 이동통신 시스템의 기지국 장치.

청구항 20.

이동통신 시스템의 단말국 장치에 있어서,

순방향신호를 수신하여 처리하는 순방향처리기와,

상기 수신된 순방향신호의 각 경로별 순방향페이딩정보들을 추정하는 순방향페이딩추정기와,

상기 추정된 각 경로별 순방향페이딩정보들을 결합하여 부호화하는 순방향페이딩부호기와,

부호화된 순방향페이딩정보를 송신메시지와 함께 다중화하여 상기 기지국으로 피드백하는 역방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템의 단말기 장치.

청구항 21.

제20항에 있어서, 상기 순방향페이딩추정기가

수신되는 신호의 빔이 무방향성 빔을 형성할 경우 복소 순방향페이딩정보 $\{\beta_i^F, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 추정하는 이동통신 시스템의 단말국 장치.

청구항 22.

제20항에 있어서, 상기 순방향페이딩추정기가

수신되는 신호의 빔이 무방향성 빔을 을 형성할 경우 크기 순방향페이딩정보 $\{|\beta_i^F|, i=1, 2, \dots, M\}$ 을 추정하는 이동통신 시스템의 단말국 장치.

청구항 23.

제20항에 있어서, 상기 순방향페이딩추정기가 수신되는 순방향신호로부터 복소 순방향페이딩정보 $\{\beta_i^F \underline{a}(\theta_i)^H \underline{w}, i=1, 2, \dots, M\}$ 를 추정하는 이동통신 시스템의 단말국 장치.

청구항 24.

제20항에 있어서, 상기 순방향페이딩추정기가 수신되는 순방향신호로부터 크기 순방향페이딩정보 $\{|\beta_i^F \underline{a}(\theta_i)^H \underline{w}|, i=1, 2, \dots, M\}$ 을 추정하는 이동통신 시스템의 단말국 장치.

청구항 25.

제20항에 있어서, 역방향처리기가 상기 순방향 페이딩정보를 특정 역방향채널의 메시지에 삽입하여 전송하는 이동통신 시스템의 단말국 장치.

청구항 26.

제20항에 있어서, 역방향처리기가 상기 순방향 페이딩정보를 별도의 독립적인 역방향채널을 통해 전송하는 이동통신 시스템의 단말국 장치.

청구항 27.

안테나 어레이를 구비하는 기지국과 이를 수신하는 단말국을 구비하는 이동통신 시스템에 있어서,

상기 기지국장치가,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와,

상기 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보 인수기와,

상기 순방향 페이딩정보와 상기 수신된 역방향신호를 이용하여 송신빔 형성을 위한 가중치벡터를 생성하는 빔형성제어기와,

송신빔형성기를 구비하며, 상기 가중치벡터에 의해 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성되며,

상기 단말국 장치가,

순방향신호를 수신하여 처리하는 순방향처리기와,

상기 수신된 순방향신호의 각 경로별 순방향페이딩정보들을 추정하는 순방향페이딩추정기와,

상기 추정된 각 경로별 순방향페이딩정보들을 결합하여 부호화하는 순방향페이딩부호기와,

부호화된 순방향페이딩정보를 송신메시지와 함께 다중화하여 상기 기지국으로 피드백하는 역방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템.

청구항 28.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치가 순방향신호를 송신하는 방법에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 과정과,

상기 처리된 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 과정과,

상기 순방향 페이딩정보와 상기 수신된 역방향신호를 이용하여 송신빔 형성을 위한 가중치벡터를 생성하는 과정과,

상기 가중치벡터에 의해 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 과정으로 이루어지는 기지국장치의 순방향 신호 송신방법.

청구항 29.

이동통신 시스템의 단말국의 통신방법에 있어서,

순방향 신호를 수신하여 처리하는 과정과,

상기 처리된 순방향 신호의 각 경로별 순방향페이딩정보들을 추정하는 과정과,

상기 추정된 각 경로별 순방향페이딩정보들을 결합하여 부호화하는 과정과,

부호화된 순방향페이딩정보를 송신메시지와 함께 다중화하여 상기 기지국으로 피드백하는 과정으로 이루어지는 단말국 장치의 통신방법.

청구항 30.

안테나 어레이를 구비하는 기지국과 단말국 간의 순방향 신호의 통신방법에 있어서,

상기 단말국이 상기 기지국으로부터 전송되는 순방향 신호의 각 경로별 순방향페이딩정보들을 추정한 후, 상기 추정된 각 경로별 순방향페이딩정보들을 결합하여 부호화한 후 상기 기지국으로 피드백하는 과정과,

상기 기지국이 상기 피드백되는 순방향 페이딩정보를 추출한 후, 상기 추출된 순방향 페이딩정보를 이용하여 송신빔 형성을 위한 가중치벡터를 생성하는 과정과,

상기 기지국이 가중치벡터에 의해 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 과정으로 이루어지는 기지국과 단말국 간의 순방향 신호 송신방법.

청구항 31.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와,

상기 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보 인수기와,

상기 추출된 순방향페이딩정보를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워를 계산하는 순방향페이딩파워계산기와,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 어레이벡터계산기와,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 송신상관행렬을 계산하는 송신상관행렬계산기와,

상기 송신상관행렬로부터 가중치벡터를 계산하여 갱신하며, 상기 갱신된 가중치벡터를 상기 송신빔형성기의 제어신호로 출력하는 가중치벡터계산기와,

송신빔형성기를 구비하며, 상기 가중치벡터에 의해 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 32.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와,

상기 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보 인수기와,

상기 수신된 역방향 신호로부터 평균 역방향페이딩파워 및 도플러주파수를 계산하며, 상기 추출된 각 경로별 복수의 과거 순방향 페이딩계수들과 상기 계산된 평균 역방향페이딩파워와 추정된 도플러주파수를 이용하여 각 경로별 현재의 순방향페이딩계수를 소정의 예측법을 통해 계산하여 각 경로별 현재 순방향페이딩파워를 계산하는 순방향페이딩파워계산기와,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 어레이벡터계산기와,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 송신상관행렬을 계산하는 송신상관행렬계산기와,

상기 송신상관행렬로부터 가중치벡터를 계산하여 갱신하며, 상기 갱신된 가중치벡터를 상기 송신빔형성기의 제어신호로 출력하는 가중치벡터계산기와,

송신빔형성기를 구비하며, 상기 가중치벡터에 의해 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 33.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와,

상기 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보 인수기와,

상기 추출된 순방향페이딩정보를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워를 계산하고, 상기 역방향신호로부터 평균 역방향 페이딩파워를 계산하며, 상기 단말기의 이동도가 미리 설정된 임계치 보다 낮을 시 상기 순방향페이딩파워를 선택하고, 이동도가 상기 임계치보다 높을 시 상기 평균 역방향페이딩파워를 선택하여 출력하는 순방향페이딩파워계산기와,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 어레이벡터계산기와,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 송신상관행렬을 계산하는 송신상관행렬계산기와,

상기 송신상관행렬로부터 가중치벡터를 계산하여 갱신하며, 상기 갱신된 가중치벡터를 상기 송신빔형성기의 제어신호로 출력하는 가중치벡터계산기와,

송신빔형성기를 구비하며, 상기 가중치벡터에 의해 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 34.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향 신호를 처리하는 역방향처리기와,

상기 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 순방향페이딩정보 인수기와,

상기 수신된 역방향신호로부터 평균 역방향페이딩파워와 도플러주파수를 계산하고, 상기 추출된 각 경로별 복수의 과거 순방향 페이딩계수들과 상기 평균 역방향페이딩파워 및 도플러주파수를 이용하여 각 경로별 현재의 순방향페이딩계수를 소정의 예측법을 통해 계산하여 각 경로별 현재 순방향페이딩파워를 계산하며, 상기 단말기의 이동도가 미리 설정된 임계치 보다 낮을 시 상기 순방향페이딩파워를 선택하고, 이동도가 상기 임계치보다 높을 시 상기 평균 역방향페이딩파워를 선택하여 출력하는 순방향페이딩파워계산기와,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 어레이벡터계산기와,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 송신상관행렬을 계산하는 송신상관행렬계산기와,

상기 송신상관행렬로부터 가중치벡터를 계산하여 갱신하며, 상기 갱신된 가중치벡터를 상기 송신빔형성기의 제어신호로 출력하는 가중치벡터계산기와,

송신빔형성기를 구비하며, 상기 가중치벡터에 의해 상기 송신빔형성기가 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 순방향처리기로 구성되는 이동통신 시스템의 기지국장치.

청구항 35.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치의 순방향 신호 송신방법에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 과정과,

상기 추출된 순방향페이딩정보를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워를 계산하는 과정과,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 과정과,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 가중치벡터를 계산하여 갱신하는 과정과,

상기 가중치벡터에 의해 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 과정으로 이루어지는 이동통신 시스템의 기지국장치의 순방향신호 송신방법.

청구항 36.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하여 저장하는 과정과,

상기 수신된 역방향 신호로부터 평균 역방향페이딩파워 및 도플러주파수를 계산하며, 상기 추출된 각 경로별 복수의 과거 순방향 페이딩계수들과 상기 평균 역방향 페이딩파워 및 도플러주파수를 이용하여 각 경로별 현재의 순방향페이딩계수를 소정의 예측법을 통해 계산하여 각 경로별 현재 순방향페이딩파워를 계산하는 과정과,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 과정과,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 가중치벡터를 계산하여 갱신하는 과정과,

상기 가중치벡터에 의해 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 과정으로 이루어지는 이동통신 시스템의 기지국장치의 순방향 송신방법.

청구항 37.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 과정과,

상기 추출된 순방향페이딩정보를 이용하여 각 경로별 순방향페이딩파워를 계산하고, 상기 역방향신호로부터 평균 역방향페이딩파워를 계산하며, 상기 단말기의 이동도가 미리 설정된 임계치 보다 낮을 시 상기 순방향페이딩파워를 선택하고, 이동도가 상기 임계치보다 높을 시 상기 평균 역방향페이딩파워를 선택하여 순방향 페이딩파워로 출력하는 과정과,

상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 어레이벡터계산기와,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 가중치벡터를 계산하여 갱신하는 과정과,

상기 가중치벡터에 의해 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 과정으로 이루어지는 이동통신 시스템의 기지국장치의 순방향신호 송신방법.

청구항 38.

안테나 어레이를 구비하며, 단말국으로부터 순방향 페이딩정보를 수신하는 이동통신 시스템의 기지국장치에 있어서,

상기 안테나어레이를 통해 수신되는 역방향신호에서 순방향 페이딩정보를 추출하는 과정과,

상기 수신된 역방향신호로부터 평균 역방향페이딩파워와 도플러주파수를 계산하고, 상기 추출된 각 경로별 복수의 과거 순방향 페이딩계수들과 상기 평균 역방향페이딩파워 및 도플러주파수를 이용하여 각 경로별 현재의 순방향페이딩계수를 소정의 예측법을 통해 계산하여 각 경로별 현재 순방향페이딩파워를 계산하며, 상기 단말기의 이동도가 미리 설정된 임계치 보다 낮을 시 상기 순방향페이딩파워를 선택하고, 이동도가 상기 임계치보다 높을 시 상기 평균 역방향페이딩파워를 선택하여 순방향페이딩파워로 출력하는 과정과,

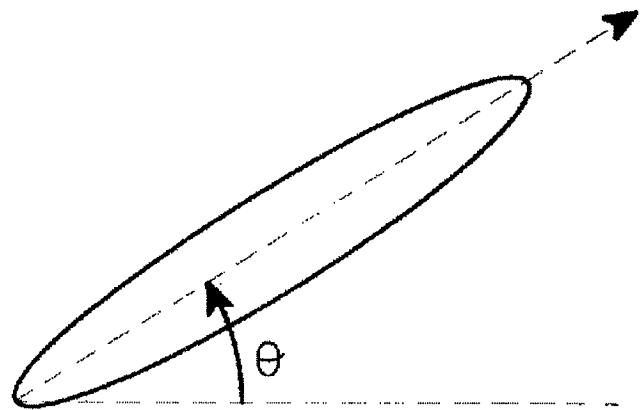
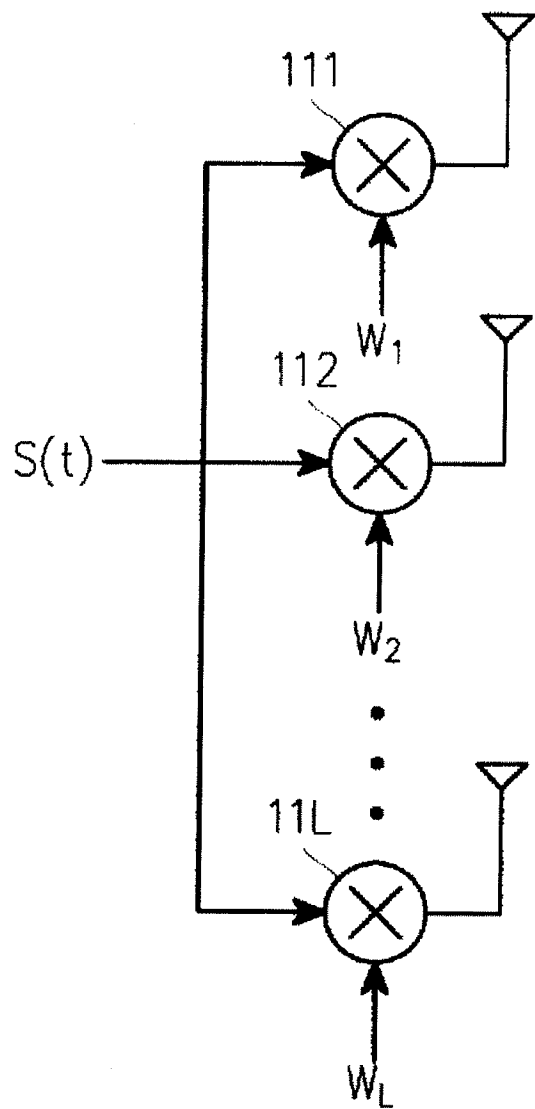
상기 수신된 역방향신호로부터 각 경로별 어레이벡터를 계산하는 과정과,

상기 순방향페이딩파워와 어레이벡터를 이용해 가중치벡터를 계산하여 갱신하는 과정과,

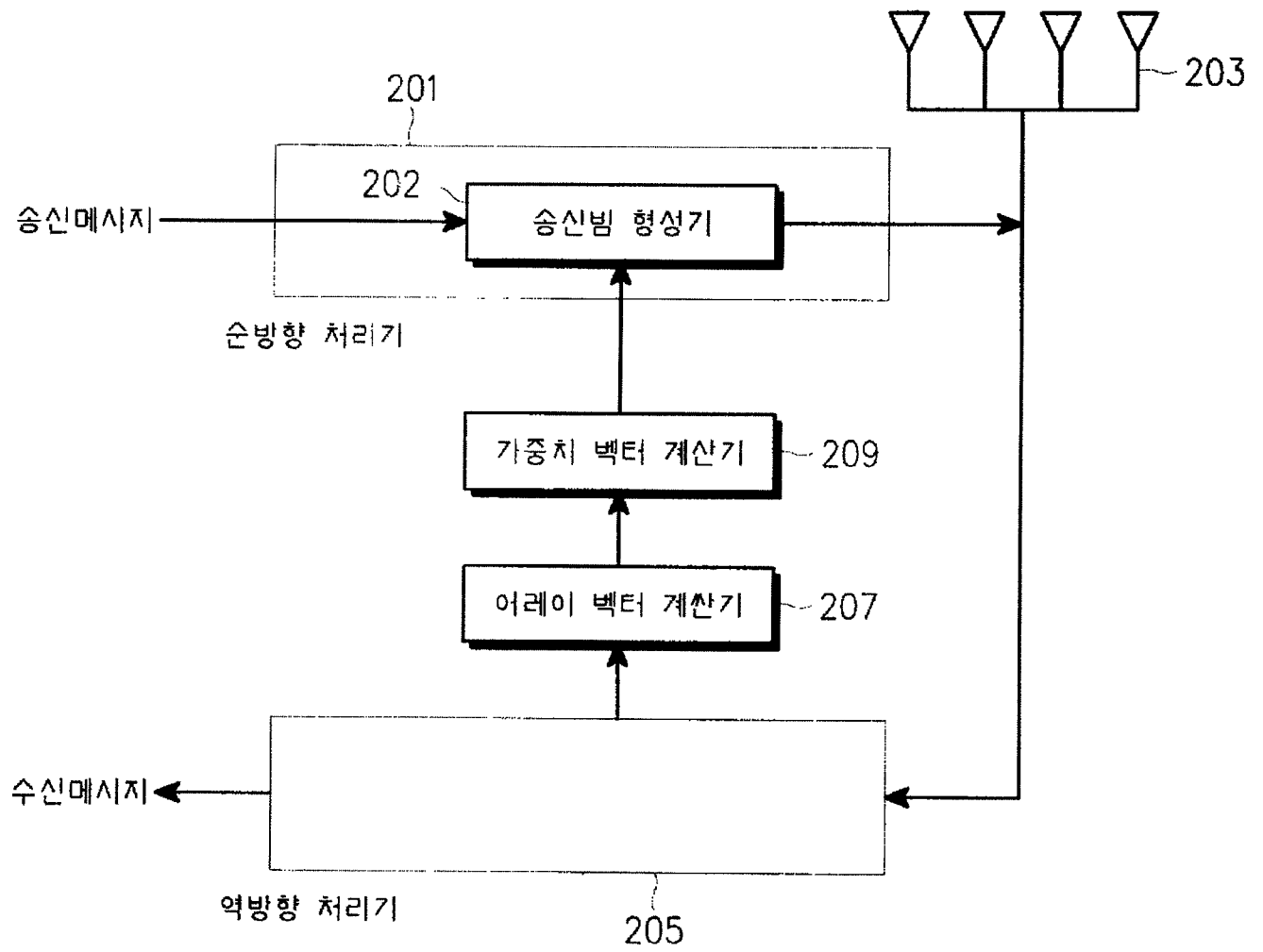
상기 가중치벡터에 의해 송신되는 메시지의 송신빔을 형성하여 상기 안테나어레이에 출력하는 과정으로 이루어지는 이동통신 시스템의 기지국장치의 순방향신호 송신방법.

도면

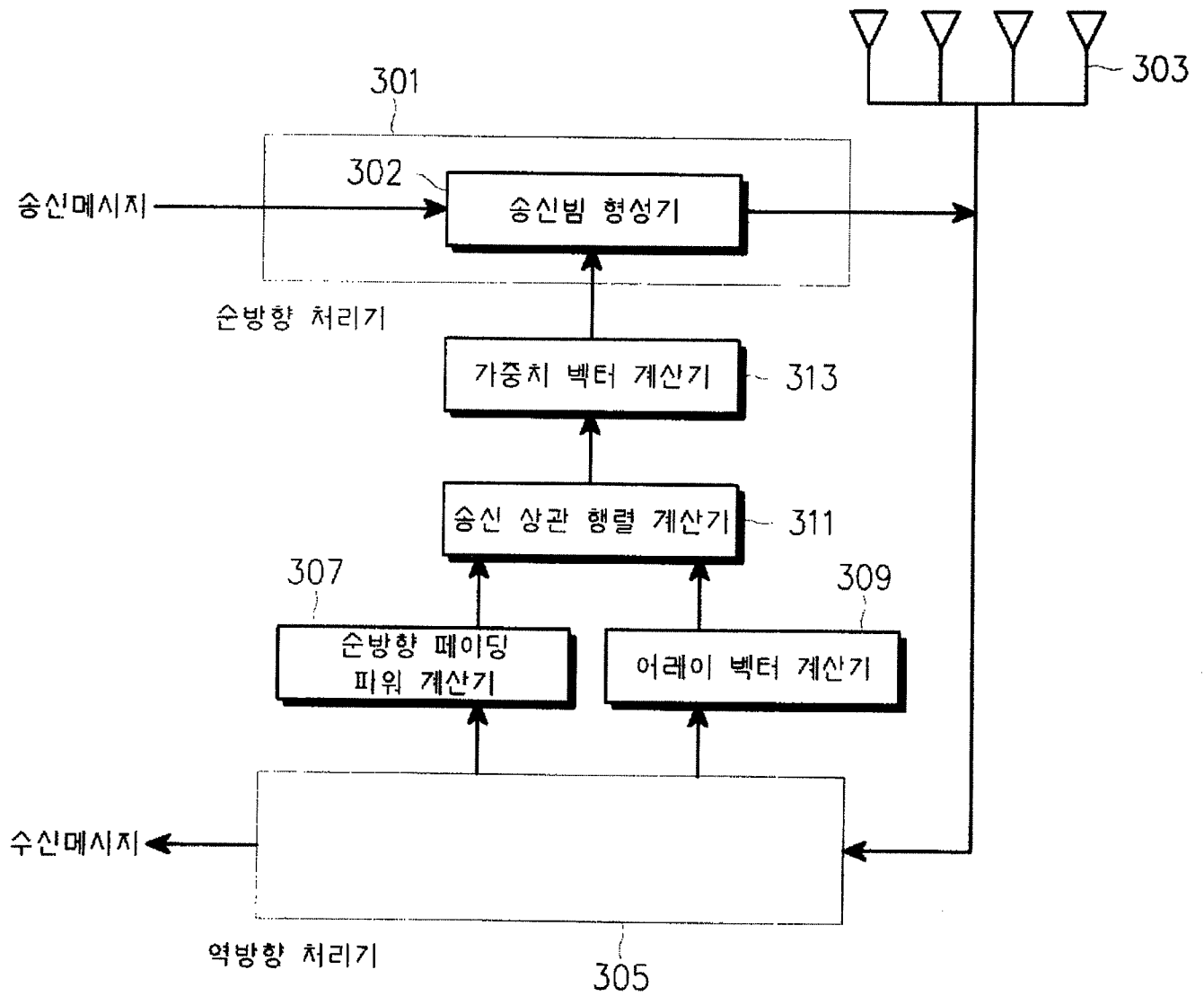
도면 1



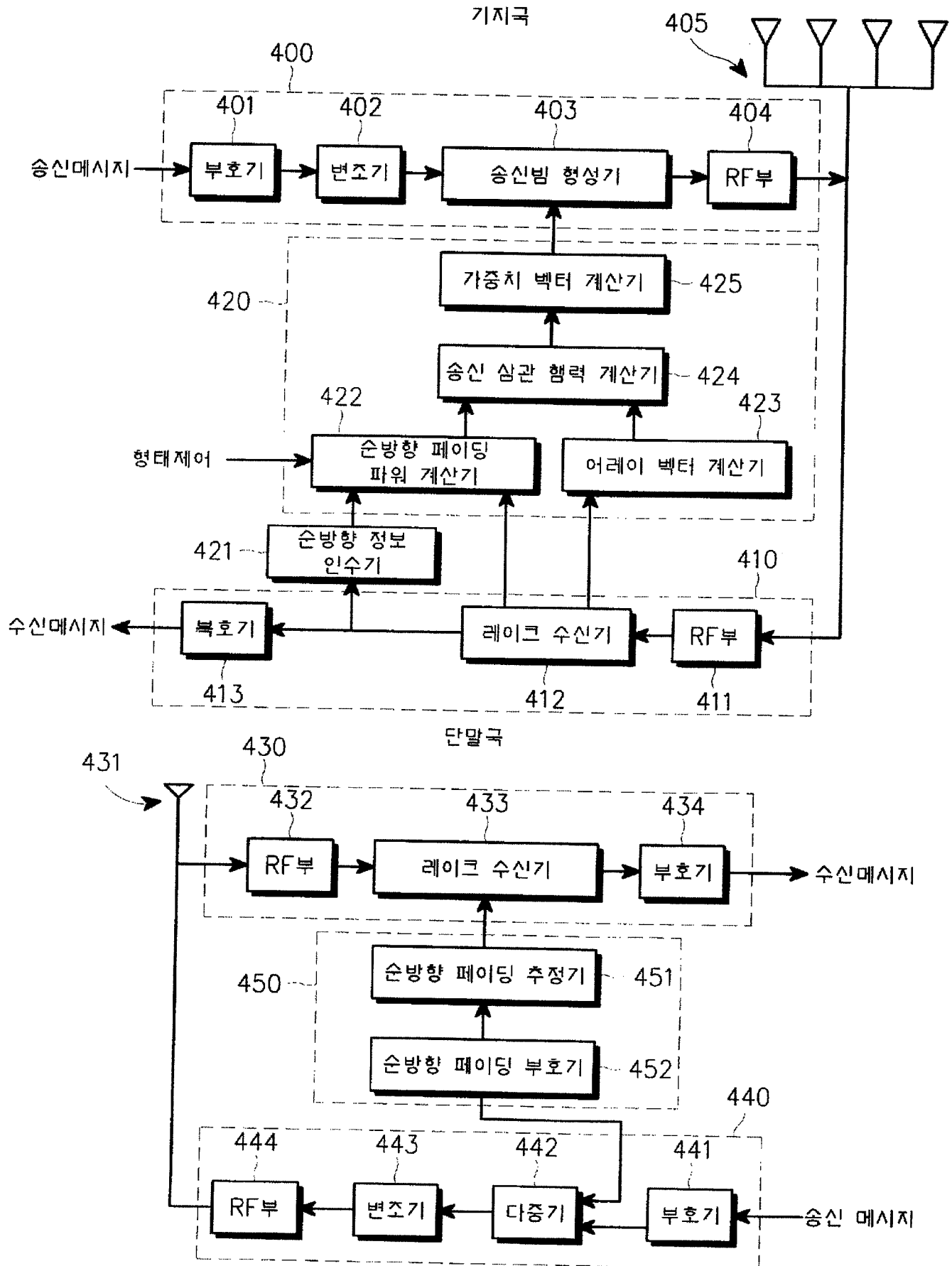
도면 2



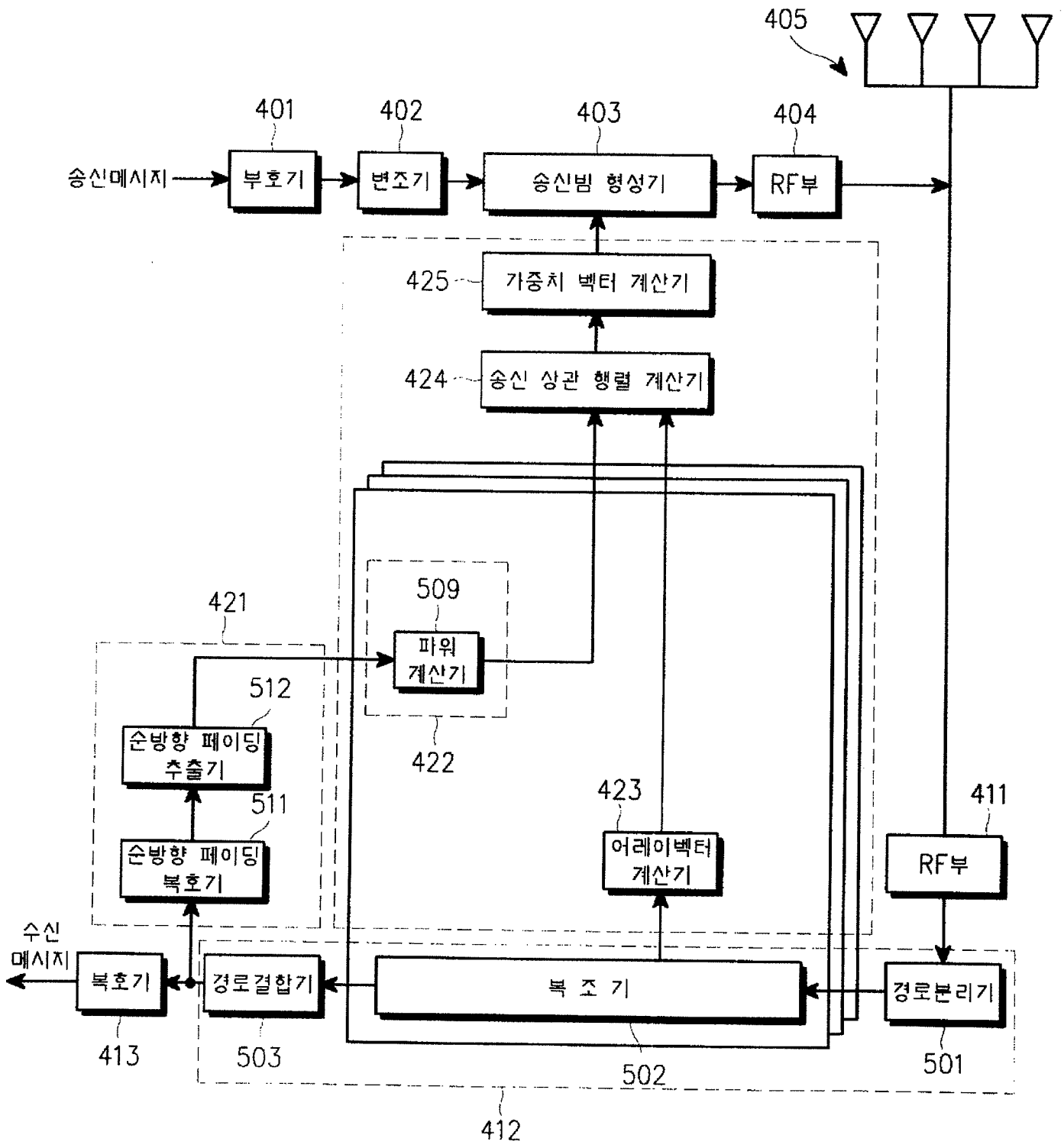
도면 3



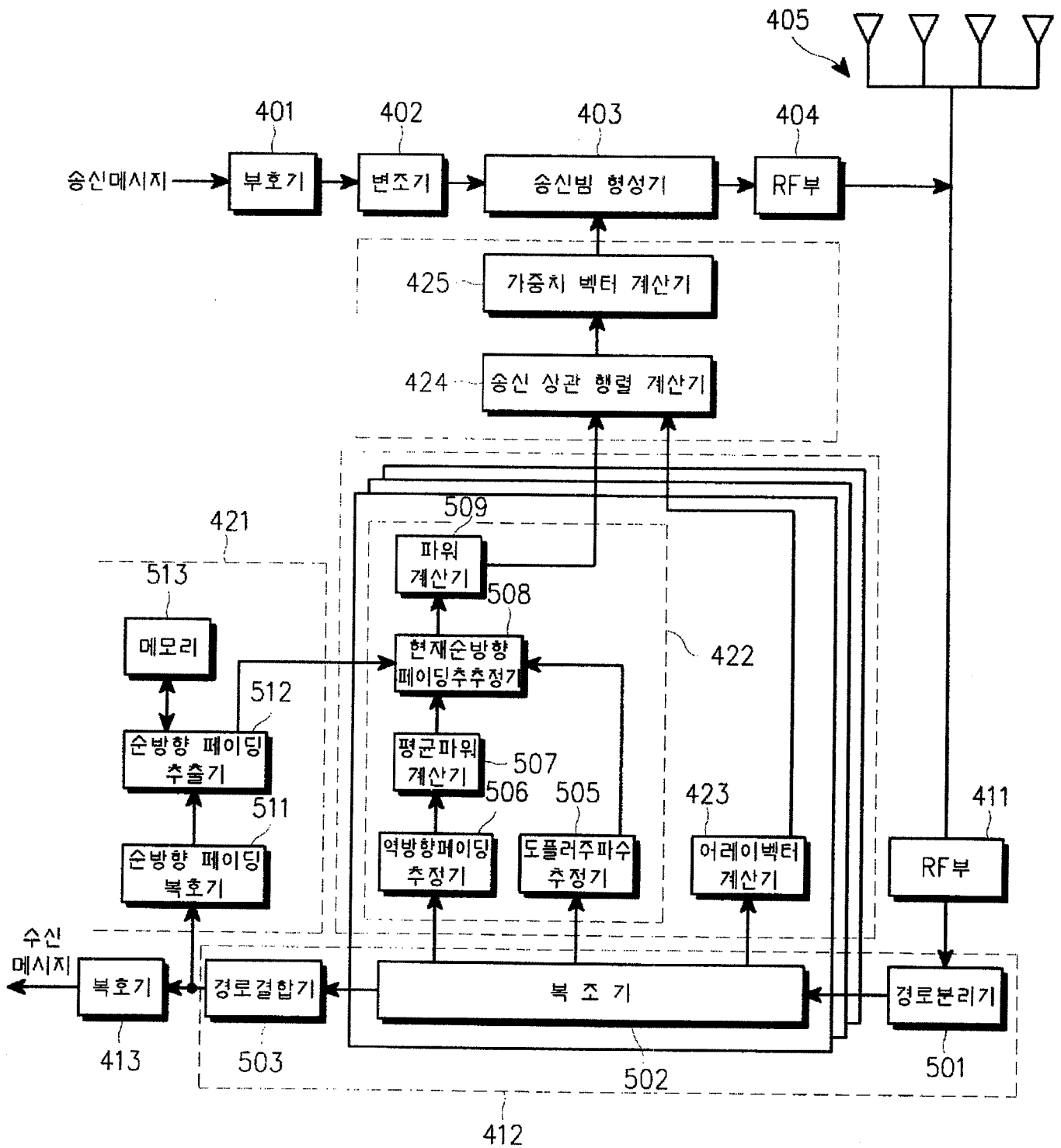
도면 4



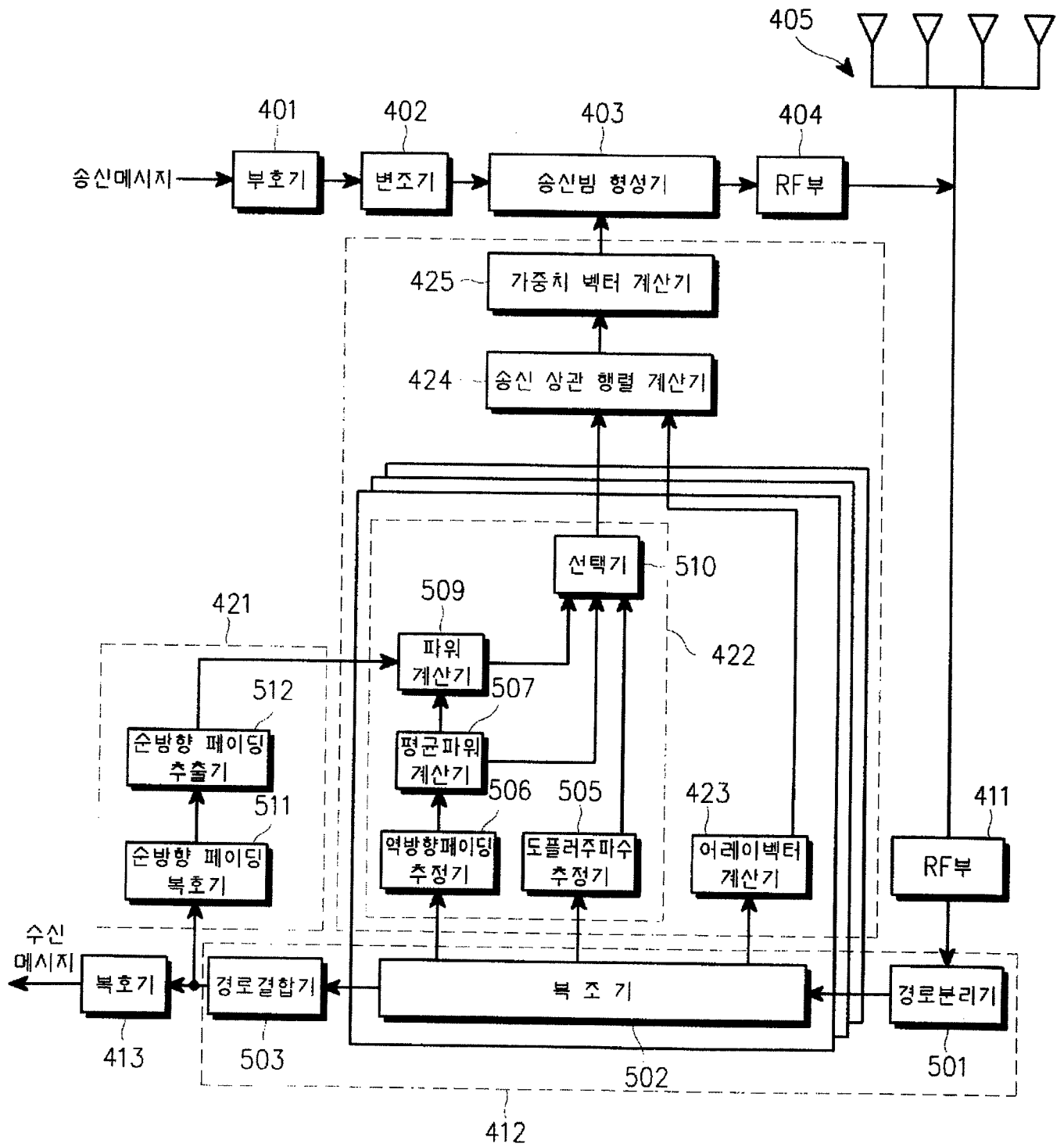
도면 5



도면 6



도면 7



도면 8

